

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

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

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/21TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/21TVN515>)

**УДК 521.11**

**Кочетков Андрей Викторович**

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Россия, г. Пермь<sup>1</sup>

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 3)**

---

<sup>1</sup> 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 3) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/21TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/21TVN515

### Метод Птолемея в современном изложении

В современной научной литературе принято считать, что метод Птолемея – это метод последовательных приближений. Это правда, но далеко не вся. Это малая часть правды.

В системе Птолемея каждая из планет (к ним, согласно Птолемею, принадлежали и Солнце и Луна) движутся одновременно по нескольким эпициклам (каждый из которых идеальный круг).

Это в рисунках, которыми Птолемею сопровождал свои расчеты, набор кругов выглядит довольно сложно, причем для расчетов Птолемею специально разрабатывал сферическую геометрию и даже доказал несколько новых теорем.

В современной, математической записи, вспоминая, что движение по кругу – это **гармоническое** движение, общее движение записывается суммой гармонических колебаний. В координатной форме:

$$\begin{aligned}x &= a \sin bt + c \sin dt; \\y &= a \cos bt + c \cos dt,\end{aligned}\tag{1}$$

здесь,  $a$  и  $b$  – радиус и частота главного движения;

$c$  и  $d$  – соответственно, радиус и частота эпициклического движения.

При необходимости, в случае если точность расчетов не удовлетворяла наблюдениям, добавляли еще один эпицикл. Причем количество эпициклов ограничивалось только необходимой точностью расчетов. Так например, в уже упоминавшихся альфонсовых таблицах количество эпициклов для пяти известных в то время количество эпициклов насчитывало уже больше 60, в то время как у Птолемея их было всего 15. В современной записи это равносильно формулам:

$$\begin{aligned}x &= a \sin bt + c_1 \sin d_1t + c_2 \sin d_2t + \dots + c_n \sin d_nt; \\y &= a \cos bt + c_1 \cos d_1t + c_2 \cos d_2t + \dots + c_n \cos d_nt.\end{aligned}\tag{2}$$

Последние формулы не что иное, как разложение движения в конечный ряд периодических функций. Можно сказать, что приоритет метода разложения сложной функции в гармонический ряд принадлежит не Фурье, а Птолемею. Утверждать подобное с полным основанием нельзя, т.к., тригонометрические функции были изобретены позднее, чем жил автор «Альмагеста», хотя и были изобретены арабами именно для решения астрономических задач, которые вели расчеты планет по Птолемею.

Отсюда можно понять, почему такая большая разница в стабильности результатов расчетов по различным методам.

В системе Птолемея условно периодические движения планет раскладывались в ряд периодических движений (не линейных, а гармонических), причем их количество не ограничено.

В системе же расчетов Кеплера поправка на каждый параметр всего одна, причем принимается линейная зависимость величины поправки от времени.

По прошествии нескольких лет становится явным отклонение движения от линейного, и соответственно, принятые поправки в системе Кеплера перестают удовлетворять требованиям точности, а значит необходимо пересчитывать поправки заново.

Для расчетов гелиоцентрических орбит планет лучше вернуться к системе Коперника. Согласно которой планеты обращаются вокруг Солнца (в том числе и Земля), но не по эллипсам Кеплера, а по эпициклоидам Птолемея.

Для расчетов следует пользоваться методом разложения сложно периодических движений в гармонический ряд.

Для расчетов видимого положения планет лучше воспользоваться геоцентрической системой Птолемея, причем переход от гелиоцентрической системы Коперника к геоцентрической производится легко, достаточно, как это принято в кинематике, совершить переход от абсолютной СО к переносной.

Для чего необходимо члены разложения в гармонический ряд уравнения движения Земли перенести в уравнения движения планет и Солнца, как это делается при переходе из одной СО в другую.

Разговор о достоинствах птолеевских расчетах движения планет был бы неполным, если бы мы не упомянули про достижения 20 в.

Это ОТО Эйнштейна и последующие теории уточняющие и дополняющие теорию гравитации. Без уточнения которой, расчеты движения планет невозможны.

«Принципиально новый подход к проблеме гравитации, составивший основу ОТО, был развит Эйнштейном в сотрудничестве с его студенческим другом математиком М. Гроссманом в течение примерно полугода (со времени приезда Эйнштейна в Цюрих в октябре 1912 г. до середины весны 1913 г.)» [4, с. 190].

«Смещение перигелия Меркурия не имеет объяснения никакой иной теорией, кроме как общей теорией относительности. Это тоже настоящий триумф общей теории относительности» [18, с. 79].

Звучит весьма триумфально, но вот данные наблюдений несколько охлаждают:

Вековые смещения планетных перигелиев [17].

| Планета  | Наблюдаемые смещения | Смещения, вычисленные по общей теории относительности |
|----------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| Меркурий | 43,11''              | 43,03''                                               |
| Венера   | 8,4                  | 8,6                                                   |
| Земля    | 5,0                  | 3,8                                                   |
| Марс     | 1,1                  | 1,4                                                   |

Из таблицы следует, что для Меркурия данные очень хорошо соответствуют наблюдениям, более или менее они подходят для Венеры. Вот для остальных планет – не очень. Так, для Земли ошибка ОТО составляет 31%, для Марса – 21%. Это много.

Причины таких ошибок ОТО состоят в том, что в ОТО вводится дополнительный параметр, не имеющий аналога в теории тяготения Ньютона,  $\alpha$  – гравитационный радиус Солнца [221, с. 264]. Именно благодаря этому параметру становится возможным внести в теорию тяготения дополнительное смещение перигелиев планет.

Проблема в том, что для соответствия теоретических предсказаний и наблюдаемых явлений необходимо признать, что гравитационный радиус Солнца различается для разных планет.

Такое невозможно по сути, видимо поэтому этот факт замалчивается в научной литературе, и только сообщается о соответствии расчетных значений для Меркурия.

Т.к. простая идея искривления пространства-времени Солнцем не получила достаточного подтверждения, дальнейшее развитие ОТО Эйнштейна пошло по пути нахождения других факторов влияющих на отклонения движения планет от закона всемирного тяготения Ньютона.

Данный путь привел к пост-ньютоновскому формализму, сущность которого в том, что к обычной формуле ВЗГ прибавляются разные члены, исправляющие недочеты закона Ньютона<sup>2</sup>.

Существуют и другие теории пост-ньютоновского формализма (ПНФ), все они различаются только учетом различных факторов возмущающих действие притяжения между Солнцем и планетами.

В основном учитываются факторы, связанные с запаздыванием гравитационного воздействия в связи с конечной скоростью гравитации равной скорости света (согласно ОТО).

На ограниченность такого подхода указывают экспериментальные работы, проводимые в конце 20 и начале 21 вв.

Другими словами, несмотря на утверждения сторонников ОТО, она не может быть признана как самая лучшая из теорий тяготения.

Она и не была признана лучшей, и история уточнения и развития теории гравитации было продолжено. В дальнейшем было признано, что искривление пространства-времени, если и имеет место, то только в окрестностях сильногравитирующих объектов, типа нейтронных звезд и «черных дыр», а вблизи обычных звезд, типа Солнца искривление пространства близко к нулю.

Эффекты отклонения от закона Ньютона наблюдаются из-за конечной скорости распространения гравитации. Таким образом, ведущей стала парадигма постньютоновского формализма, состоящая в том, что за основу принимается закон Ньютона, с дополнительными членами, учитывающими конечную скорость распространения гравитации.

К последним достижениям в теории гравитационных взаимодействий можно отнести экспериментальные работы акад. Лаврентева, Егановой и их коллег, по обнаружению воздействия которое, «не рассматриваемый современной физикой. Исследование этого типа воздействий имеет важное значение для развития представлений физики о реальности пространства-времени» [14].

А также работы Геворкяна и Голубова о техногенном влиянии на вращение Земли и гравитационные последствия подобного влияния [5].

В будущем, будут добавляться, расширяться и уточняться различные теории гравитации, и каждое новое уточнение и дополнение повлечет за собой необходимость уточнения и дополнения методик расчетов планетных движений.

Возвращаясь к теории Птолемея, опять повторим, что в теории Птолемея, проблемы аномальности смещения перигелиев планет даже не возникало, не было необходимости и вводить какие-то искусственные построения для объяснений.

---

<sup>2</sup> Вопрос о развитии ОТО и различных теориях ПНФ авторы рассматривали в своей статье [13].

## Теория движения малых планет и Луны, как триумф методов Птолемея

Выше уже говорилось, что кеплеровские эллипсы актуальны только для одиночных планет в поле неподвижного центрального тела.

Когда же расчеты ведутся для спутников планет, как например Луна, то влияние Солнца при движении Луны вокруг Земли, сводит на нет возможности применения кеплеровских орбит. Поэтому с самого начала и до сих пор попытки расчетов движения Луны по законам Кеплера терпели неизменный провал.

«Одной из труднейших задач небесной механики была теория движения Луны. Изучая движения планет, учёным приходится рассматривать возмущения, которые создаёт воздействие других планет, сравнительно слабое по сравнению с притяжением центрального тела - Солнца.

В случае же Луны оно как раз и выступает в роли главного "возмутителя" движения спутника Земли. Возмущения от него весьма велики и всё время меняют свою величину и направление в зависимости от взаимного расположения Земли, Луны и Солнца.

Когда Ньютон попытался рассчитать поворот линии апсид лунной орбиты (ее большой оси, соединяющей перигей и апогей), он получил время полного обращения, равное 18 годам, хотя на самом деле это время равно 9 лет. Так показывали наблюдения еще со времён Гиппарха.

Клеро попробовал решить эту задачу и... получил то же значение времени полного оборота линии апсид, что и Ньютон: 18 лет. В решение задачи включился Д'Аламбер. Действуя независимо от Клеро, он получил, увы, то же самое. Приступил к этой проблеме Эйлер и тоже не смог объяснить наблюдаемый период» [18].

А, используя расчеты по эпициклоидному движению, Гиппарх<sup>3</sup> получал ошибку движений «для перигея – 0,1 суток, для узла – 1,8 суток» [12, с. 24].

Поэтому в теории движения Луны и малых планет с момента публикаций монографий Цейтеля в 1916-1917 гг. до конца 60-х годов 20 в. безраздельно царил метод Цейпеля.

Метод Цейпеля принадлежит к обширной группе методов решения систем нелинейных дифференциальных уравнений, которые носят название «методов осреднения» начало этим методам положили небесно-механические работы Гаусса. Потом выяснилось, что они применимы для весьма широкого класса задач, в которых нужно решать системы нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих колебательные процессы» [12, с. 170] (подчеркнуто нами).

Принципиальное отличие от методов Ньюкома в том, что Ньюком рассматривал эволюцию орбит в виде линейных поправок, такой метод хорош только для монотонно возрастающих или монотонно убывающих процессов.

Именно поэтому методы Ньюкома через несколько оборотов дает большую ошибку, которая увеличивается по мере увеличения количества времени прошедших от начальной эпохи. Метод Цейпеля приближается к методам гармонического анализа Фурье, состоящий в гармонических поправках к элементам орбит. Поэтому этот метод дает такие хорошие результаты, там, где методы Кеплера-Ньюкома терпят фиаско.

---

<sup>3</sup> Гиппарх – греческий астроном, живший ок. 185 г. до н.э. – ок. 125 г. до н.э.

Методы же Птолемея – это именно приложение (реализованное возможностями и знаниями своего времени) тригонометрических рядов. Именно этим методы Цейпеля через почти 2000 лет сближаются с методами Птолемея в небесной механике.

#### Заключение

С наследием великого математика и астронома Клавдия Птолемея получилось в соответствии с известным изречением: «Хотели как лучше, а получилось как всегда». Боролись против мракобесия и засилья Церкви, а победили непревзойденный по точности и элегантности метод Птолемея.

Дополнительную литературу авторов по теме можно посмотреть в работах [23-26].

#### 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. Коперник Н.О вращениях небесных сфер. – М.; Наука, 1964. – 654 с.
12. 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.
13. 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.
14. Маркеев А.П. Задача трех тел и её точные решения // Соросовский образовательный журнал. 1999. №9.
15. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альфа-М; ИНФРА-М, 2004. 622 с.
16. Небесная механика // Большая советская энциклопедия: В 30 т. – М.: Советская энциклопедия. 1969-1978.
17. Савченко В.Н., Смагин В.П. Начала современного естествознания. Концепции и принципы. Ростов-на-Дону: Феникс. 2006. 324 с.



18. Струве В.Я. Этюды звездной астрономии. – М.; Академия наук СССР. 1953. – 235 с.
19. Теория движения Луны. // Интернет-ресурс: <http://www.astrolab.ru/cgi-bin/manager.cgi?id=33&num=495>.
20. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. М.: Гос. изд. тех.-теор. лит., 1955. – 504 с.
21. Эпоха каталога, эпоха равноденствия, динамическое равноденствие. // Интернет-ресурс: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node20.html>.
22. 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](http://naukovedenie.ru_45tvn313).
23. 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.
24. Кочетков А.В., Федотов П.В. Проявления исторического мышления в современной физике (Лекции для непрофессионалов). – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т. 2001. 176 с.
25. 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](mailto:soni.81@mail.ru)

**Fedotov Petr Viktorovich**

JSC Research Center of Technical Regulation  
Russia, Perm  
E-mail: [klk50@mail.ru](mailto:klk50@mail.ru)

## About a ratio of methods of calculation of the movement of planets on Ptolemaeus and Kepler (part 3)

**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. Kopernik N.O vrashcheniyakh nebesnykh sfer. – M.; Nauka, 1964. – 654 s.
12. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Ot N'yutona do parametrizovannogo postn'yutonovskogo formalizma: nuli i editsy / A.V. Kochetkov, P.V. Fedotov // Prostranstvo i Vremya. 2013. №4 (14). S. 81-85.
13. 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.
14. Markeev A.P. Zadacha trekh tel i ee tochnye resheniya // Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal. 1999. №9.
15. Naydysh V.M. Kontseptsii sovremennogo estestvoznaniya. Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: Al'fa-M; INFRA-M, 2004. 622 s.
16. Nebesnaya mekhanika // Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya: V 30 t. – M.: Sovetskaya entsiklopediya. 1969-1978.
17. Savchenko V.N., Smagin V.P. Nachala sovremennogo estestvoznaniya. Kontseptsii i printsipy. Rostov-na-Donu: Feniks. 2006. 324 s.
18. Struve V.Ya. Etyudy zvezdnoy astronomii. – M; Akademiya nauk SSSR. 1953. – 235 s.
19. Teoriya dvizheniya Luny. // Internet-resurs: <http://www.astrolab.ru/cgi-bin/manager.cgi?id=33&num=495>.
20. Fok V.A. Teoriya prostranstva, vremeni i tyagoteniya. M.: Gos. izd. tekhn.-teor. lit., 1955. – 504 s.

21. Epokha kataloga, epokha ravnodenstviya, dinamicheskoe ravnodenstvie. // Internet-resurs: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/node20.html>.
22. 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](http://naukovedenie.ru_45tvn313).
23. 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.
24. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Proyavleniya istoricheskogo myshleniya v sovremennoy fizike (Lektsii dlya neprofessionalov). – Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t. 2001. 176 s.
25. Kochetkov A.V., Fedotov P.V. Problemy garmonizatsii radikal'nykh protivorechiy v aksiomatike estestvennykh nauk. – M.: Mashinostroenie. 2015. 320 s.