

## КОПЕРНИКАНСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ: ИНТЕРТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

*Р.М. Нугаев*

Концепция генезиса и структуры научных революций, сформировавшаяся в результате обобщения опыта эйнштейновской революции и изложенная в предыдущих публикациях автора, апробируется на материале революции коперниканской. Показано, что и последняя может быть представлена как осознание и разрешение дуализма между математической астрономией и качественной физикой Аристотеля в птолемеевской космологии. Работы Коперника, Галилея, Кеплера и Ньютона были этапами нисхождения математики с небес на Землю и обратного восхождения земной физики на небо.

**Ключевые слова:** научная революция, Аристотель, Коперник, космология, физика, математика, история науки

### Введение

Что побудило математиков, астрономов и физиков Нового времени совершить скачок от утвердившейся в веках *геоцентрической* аристотелевско-птолемеевской космологии, астрономическая составляющая которой была превосходно разработана математически, а физическая прекрасно подтверждалась на опыте, к весьма сомнительной, особенно на первых порах, *гелиоцентрической* научной картине мира? На этот вопрос было дано множество ответов. Их можно сгруппировать следующим образом: 1) индуктивистское объяснение; 2) фальсификационистские объяснения; 3) конвенционалистские объяснения; 4) объяснение Т. Куна; 5) объяснение с точки зрения методологии НИП (И. Лакатос и Э. Захар). Но все они недостаточны по следующим причинам.

*Индуктивистское* объяснение представляется самым поверхностным, поскольку историки науки давно показали, что обе конкурировавшие теории – и теория Коперника, и теория Птолемея – были несовместимы с известными наблюдательными данными [1].

*Фальсификационистская* реконструкция перехода Птолемей – Коперник сводится к двум вариантам. Согласно первому из них, теория Птолемея была неопровержима и потому ненаучна, а теория Коперни-

ка – наоборот. Птолемеяевская эвристика была в существенной степени *ad hoc*; она могла задним числом объяснить, ассимилировать любой факт за счет бесконечного умножения эпициклов и эквантов. Но на самом деле коперниканская теория могла ассимилировать не меньшее количество эпициклов и деферентов [2].

Согласно второму варианту (К. Поппер), обе теории были на протяжении долгого времени одинаково опровержимыми, но в конечном счете поздний критический эксперимент опроверг представления Птолемея и подтвердил взгляды Коперника. Когда же это произошло? В 1616 г., когда Галилей открыл фазы Венеры?

Но оппонентов Галилея – аристотелианцев, отказывавшихся доверять наблюдательным данным, полученным при помощи только-только появившегося прибора со спорными принципами действия, можно понять. Согласно Куну и Фейерабенду, фазы Венеры были для гелиоцентрической системы скорее «не доказательством, но... пропагандой» [3].

*Конвенционалистское* объяснение состоит в том, что мы не можем сделать выбор между теориями на эмпирических основаниях. Одна теория лучше другой потому, что она «проще», «согласованнее», «экономичнее», чем ее соперница. Но, как отмечают И. Лакатос и Э. Захар, «миф о большей простоте был отвергнут в результате тщательной и профессиональной работы современных историков... Коперниканская система, конечно, проще, поскольку она покончила с эквантами и некоторыми эксцентриками; но каждый удаленный эквант и эксцентрик следовало заменить на новые эпициклы. Эта система проще, поскольку она оставляет восьмую сферу – сферу фиксированных звезд неподвижной и устраняет две разновидности ее птолемеяевских движений. Но Коперник должен был заплатить за эту неподвижность передачей ее нерегулярных движений Земле, которую он заставил вращаться с достаточно сложными качаниями. Также Коперник вынужден был поместить центр Вселенной не на Солнце, как он сначала хотел, а в пустое место недалеко от него» [4].

Согласно Т. Куну, птолемеяевская астрономия в 1543 г. находилась в состоянии «парадигмального кризиса», являющегося неизбежной прелюдией к любой научной революции, т.е. к скачку коллективного сознания из одного состояния в другое. «Состояние птолемеяевской астрономии считалось скандальным до того как Коперник предложил внести изменения в основы астрономической теории, а предисловие к его книге, в котором он описывает причины инновации, является классическим описанием состояния кризиса» [5].

При этом И. Лакатос и Э. Захар задают справедливый вопрос: сколько людей кроме Коперника ощущали этот «кризис сообщества»? И был ли он на самом деле? Уже в случае перехода от классической теории излучения к квантовой представление о парадигмальном кризисе оказывается весьма спорным и сомнительным [6]. Кто зафиксировал этот кризис? Лоренц? Где? А вот другой патриарх теоретической физики, лорд Кельвин, писал лишь о «двух облаках» на светлом горизонте физического знания, но не о «двух торнадо» или «двух ураганах» [7].

В случае Коперника ситуация осложняется тем, что «научное общество» в те времена было весьма невелико. И если, как полагает Кун, его анализ структуры научных революций применим к случаю Коперника в полной мере, то почему так мало исследователей присоединилось к Копернику до Кеплера и Галилея?

Согласно методологии научно-исследовательских программ (методологии НИП) *Лакатоса*, центральная проблема философии науки – это проблема нормативной *оценки* научных теорий. Оценка изменения является нормативной проблемой и относится к ведению философии. *А объяснение* изменения – действительного принятия и отвержения теорий есть «психологическая проблема». Единицей оценки роста научного знания является НИП – развивающаяся последовательность теорий, обладающая определенной структурой.

Коперниканская программа была несомненно «*теоретически прогрессивной*». Она предвосхищала новые факты, которые до нее не наблюдались. Она предвосхитила открытие фаз Венеры. Она также предсказала звездный параллакс, хотя и качественно, поскольку Коперник не знал размеров Солнечной системы. Поэтому об эмпирическом прогрессе коперниканской программы можно говорить только применительно к периоду после 1616 г. Правда, с уверенностью можно утверждать об эмпирическом прогрессе только в отношении времени начиная с Ньютона [8].

В итоге, подход Лакатоса – Захара «объясняет» достижения Коперника как представляющие действительный прогресс по отношению к Птолемию. Коперниканская революция стала великой научной революцией не только потому, что она изменила европейское мировоззрение, не потому, как хотел бы Пол Фейерабенд, что она стала революционным изменением в видении человеком своего места во Вселенной, но просто потому, что она была передовой в научном отношении. Она также показывает, что у Кеплера и Галилея были хорошие объективные причины поддержать гелиоцентрическую гипотезу, поскольку уже

коперниканская (а на самом деле аристарховская) модель обладала избыточной предсказательной мощью по сравнению со своей птолемеевской соперницей» [9].

Такое описание перехода Птолемея – Коперник, предложенное в рамках методологии НИП. Не хотелось бы сводить дело к мелким недостаткам, которые всегда можно найти [10]. Дело в принципе. Цель методологии НИП – дать объективную оценку сдвига в развитии научного знания, но не объяснение его действительных причин. «Все исследование является узкоинтерналистским; его прогрессивная часть могла иметь место в любое время, при условии существования гения Коперника, между Аристотелем и Птолемеем или в любом году, скажем после перевода в 1175 г. “Альмагеста” на латынь» [11].

Поэтому в рамках исследования перехода Птолемея – Коперник кажется совершенно естественным предположить, что все содержание коперниканской программы могло быть воспроизведено еще Аристархом Самосским. Почему же он этого не сделал? И почему соображения последнего не оказали никакого влияния ни на Птолемея, ни на его коллег?

Соответственно, цель данной статьи состоит в том, чтобы попытаться *дополнить* подход Лакатоса – Захара и дать не только оценку, но и *теоретическое объяснение* причинам генезиса коперниканской научно-исследовательской программы и ее победы, руководствуясь методологическими принципами, изложенными ранее [12].

В настоящей статье концепция генезиса и структуры научных революций, сложившаяся в результате обобщения опыта эйнштейновской революции и представленная в моих предыдущих публикациях [13], апробируется на материале революции коперниканской, приведшей к становлению науки Нового времени. Согласно этой концепции, эйнштейновская революция возникла из попыток осознания и разрешения ряда так называемых «противоречий встречи» между основными исследовательскими программами классической физики: ньютоновской механикой, максвелловской электродинамикой, статистической механикой и термодинамикой.

Соответственно, я полагаю, что и коперниканская революция возникла в результате осознания и разрешения дуализма между математической астрономией и качественной физикой Аристотеля в птолемеевской космологии. Работы Коперника, Галилея, Кеплера и Ньютона были этапами нисхождения математики с небес на Землю и обратного воцарения земной физики на небе.

## Генезис и развитие программы Коперника

Согласно И. Лакатосу и Э. Захару [14], и Птолемей, и Коперник работали над исследовательскими программами, т.е. они не просто выдвигали и проверяли предположения, пытались упорядочить опытные данные или связывали себя с популярными в сообществе «парадигмами». Обе программы отделились от пифагорейско-платонической НИП. Ее исходный принцип состоял в том, что поскольку небесные тела совершенны, все астрономические явления должны быть «спасены» комбинацией как можно меньшего числа равномерных круговых движений. Этот принцип оставался фундаментом эвристики и программы Птолемея, и программы Коперника. Пифагорейско-платоническая «протопрограмма» не содержала указаний на то, где находится центр Вселенной. В этом случае эвристика была «первичной», а твердое ядро – «вторичным». Геоцентрическая гипотеза «превратилась, «выкристаллизовалась» в твердое ядро птолемеевской программы только в результате соединения с *аристотелевской физикой*, которой были присущи представления о естественных и вынужденных движениях и разделение на подлунный и надлунный миры.

Именно потому, что «аристотелевская наука» была насквозь эмпирической, она гораздо лучше согласовывалась с обычным «жизненным опытом», чем Галилеева наука. Тяжелые тела, как всем известно, «естественно» падают вниз, а огонь действительно взмывает вверх [15].

Инерционное движение не является экспериментальным фактом, повседневный опыт постоянно ему противоречит. Пространственная бесконечность, легшая в основу ньютоновской Вселенной, также не является предметом опыта. Кроме того, все знают, что «не существует пустоты как чего-то отдельного» [16]. Солнце и Луна восходят и заходят, а брошенные тела действительно не сохраняют без конца прямолинейность своего движения.

Более того, согласно нашему повседневному опыту, зафиксированному в наглядных категориях аристотелевской метафизики, повседневная действительность, в которой мы живем и действуем, не является ни математической, ни математизируемой. Это область текучего, изменчивого, неточного, область, где царят «более или менее», «почти», «типа того», «приблизительно», «вроде как» и т.д. В природе не существует ни кругов, ни эллипсов, ни парабол, ни гипербол, ни прямых линий, ни хорошо заасфальтированных улиц.

Поэтому античные мыслители и возможности не допускали, чтобы в «подлунном мире» существовала точность и чтобы «материя этого нашего подлунного мира могла представить во плоти математические существа» [17]. Как провозглашал сам Стагирит, «точность, именно математическую точность, нужно требовать не во всех случаях, но лишь для предметов, у которых нет материи. Таким образом, этот способ не подходит для науки о природе; ибо природа во всех, можно сказать, случаях связана с материей» [18].

Но зато на небесах, согласно аристотелевской физике, все обстоит диаметрально противоположным образом. Там совершенные и абсолютно упорядоченные движения звезд происходят в полном соответствии с самыми строгими и неизменными законами геометрии. «Круговое же движение связывает конец с началом, и оно одно совершенно... никакое изменение не является бесконечным и непрерывным, кроме кругового перемещения» [19].

Поэтому, согласно Аристотелю, *математическая астрономия возможна, а математическая физика – нет*. Не случайно греческие астрономы не только успешно применяли математику, но и с поразительным терпением и точностью наблюдали небо, пользуясь измерительными инструментами. Но они даже не пытались ни математизировать земные движения, ни применить измерительные инструменты на Земле.

Наивысшего расцвета античная космология достигла при математике Клавдии Птолемея (87–150 гг. н.э.), который был также известен как географ, оптик и астролог. Его труд *«Альмагест»* занял господствующее место в европейской астрономии и сохранял его 14 столетий. Птолемей и завершил конструирование первой в истории человечества научной парадигмы. Он скептически относился к гелиоцентрической гипотезе Аристарха Самосского – по вполне рациональным соображениям, связанным с принципами физики Аристотеля. «Движение небесных тел должно быть наименее вынужденным и наиболее легким. Среди плоских фигур окружность есть путь наименьшего сопротивления движению, а сфера – среди объемных тел» [20].

У Птолемея Солнце движется вокруг определенного центра, расположенного неподалеку от Земли. И это характерно для всех его математических построений. Тщательно выверяя комбинации эпициклов и деферентов, Птолемей, в духе восточной инструменталистской традиции, руководствовался соображениями «экономии мышления», не утруждая себя размышлениями о «природе вещей».

Птолемей пошел по вполне рациональному пути дальнейшего усовершенствования создаваемых идеальных моделей и соответствующего совершенствования вычислительной техники, добавив к позитивной эвристике понятие *экванта*. Эпицикл каждой планеты движется у него равномерно не относительно центра *деферента*, но относительно другой точки, получившей название «*эквант*». Тем не менее в случае Меркурия даже эту весьма искусственную схему пришлось усложнить. Центр деферента Меркурия сам описывает небольшую окружность, так что эпицикл этой планеты периодически то приближается к Земле, то удаляется от нее.

С современной точки зрения, эквант Птолемея – предтеча будущих кеплеровских эллипсов. Но с точки зрения таких пристрастных критиков Птолемея, как Коперник, введение экванта – типичная «гипотеза *ad hoc*», нарушавшая представление о равномерности движения относительно центра Вселенной, составлявшее «дух программы Птолемея – Аристотеля».

В программе Птолемея математическая точность, требовавшая введения некруговых орбит небесных тел и центров вращения, не совпадающих с Землей, все более и более начинала расходиться с прекрасно обоснованными на опыте принципами аристотелевской физики. Поэтому в конечном счете *космологию Птолемея мы можем оценить как дуалистическую теоретическую схему, механически объединяющую принципы «платоновской математики» и аристотелевской физики*. Особенно явно эти принципы вступали в противоречие друг с другом в «теории планет», так как для описания движения этих объектов приходилось идти на особенно значительные нарушения принципов аристотелевской физики.

Как показали И. Лакатос и Э. Захар [21], после отказа от модели Евдокса каждое новое изменение геоцентрической программы противоречило платоновской эвристике. Особенный удар по платоновской эвристике нанесло введение экванта: оно было равносильно ее полной отмене. У Птолемея дело доходило до того, что для описания движения некоторых планет автор «Альмагеста» создавал несколько альтернативных теоретических схем, затем, правда, отдавая предпочтение более простой в математическом отношении. В «Альмагесте» Птолемей, занимая подчеркнута скептическую позицию, неоднократно провозглашал, что в астрономии всегда следует стремиться к наиболее простой математической модели. Но позже Средневековье с варварской непосредственностью восприняло птолемеевскую космологию как истину в последней инстанции.

Основное противоречие, выявление (осознание) и разрешение которого составляют интертеоретический контекст коперниканской революции, уже давно, где-то в 50-е годы прошлого века, было выявлено французским историком и философом науки А. Койре. Это противоречие – «*вопиющий разрыв*» (термин Койре) между математической астрономией и квалитативной физикой Аристотеля в рамках птолемеевской космологии. Соответственно, у Коперника основной мотив создания собственной, гелиоцентрической, программы состоял не в стремлении устранить расхождения определенных положений птолемеевской космологии с опытом, а в соображениях эстетического и метафизического порядка, связанных с осознанием указанного выше дуализма.

В знаменитом предисловии к главному своему труду – «О вращениях небесных сфер» фромборкский каноник, племянник (и секретарь) епископа католической церкви Николай Коперник без обиняков указывает: «...К размышлениям о другом способе расчета мировых сфер меня побудило именно то, что сами математики не имеют у себя ничего вполне установленного относительно исследований этих движений» [22].

Во-первых, «при определении движений как этих светил, так и других пяти блуждающих звезд они не пользуются одними и теми же принципами и предпосылками или одинаковыми способами представления видимых вращений и движений. Действительно, одни употребляют только гомоцентрические круги, другие – эксцентры и эпициклы, и все-таки не получается полного достижения желаемого...» [23].

Во-вторых, «те же, которые измыслили эксцентрические круги, хотя при их помощи и получили числовые результаты, в значительной мере сходные с видимыми движениями, однако должны были допустить многое, по-видимому противоречащее основным принципам равномерного движения... Оказывается, что Солнце и Луна движутся то быстрее, то медленнее, а остальные пять планет, как мы видим, движутся иногда и попятным движением...» [24].

В итоге, «так как и то, и другое противно нашему разуму и недостоинно предполагать что-нибудь подобное в том, что устроено в наилучшем порядке, следует согласиться, что равномерные движения этих светил представляются нам неравномерными... в результате того, что Земля не находится в центре кругов, по которым они вращаются» [25].

Источник парадоксов Коперник видит в неидеальном характере движения планет. В то же время все они принадлежат к небесным сферам и потому должны равномерно двигаться в этом небесном идеальном мире или по окружностям, или по их комбинациям. Из самых



лучших побуждений – продемонстрировать, что на самом деле Небо «устроено в наилучшем порядке», а все несуразности вызваны присутствием человека, Коперник предлагает поместить в центр Космоса Солнце, а Землю сделать рядовой планетой. Но именно это и порождает глубокие парадоксы в аристотелевской физике, связанные с представлениями о естественных и неестественных движениях.

Фактически Коперник сконструировал настоящую гибридную теорию (аналогичную первой полуклассической теории Планка), положившую начало взаимопроникновению математики Неба и физики Земли. Как образно выразился современный французский историк, «Коперник вкрадчиво, возможно не отдавая себе отчета, вводит в аристотелеву твердыню два небольших допущения, через которые Кеплер, Галилей и Декарт подорвали эту твердыню» [26].

По сути дела, Коперник, найдя благодарную аудиторию в лице папы Павла III (которому он посвятил свою книгу), папы Климента VII (который не только одобрил работу, но и потребовал, чтобы автор опубликовал ее), своего дядюшки епископа, епископа Тидемана Гизе и др., порицает Птолемея за язычество. Он критикует египтянина Птолемея за то, что в его изощренно разработанной системе нет, тем не менее, единого Бога, за то, что разные элементы его космологии отражают замыслы разных творцов. «Таким образом, с ними (сторонниками Птолемея. – *Р.Н.*) получилось то же самое, как если бы кто набрал из различных мест руки, ноги, голову и другие члены, нарисованные хотя и отлично, но не в масштабе одного тела; ввиду полного несоответствия друг другу из них, конечно, скорее составилось бы чудовище, а не человек» [27].

Именно таким образом Коперник, возможно, того и не желая, подготовил почву для Галилея: если Земля – рядовая планета, то законы математики должны быть применимы и к ее движению вокруг собственной оси и вокруг Солнца, и к движению тел на ее поверхности. В дальнейшем в работах Галилея аристотелевские «естественные движения» превратятся в движения инерциальные.

Для более полной и систематической рациональной реконструкции «твердого ядра», «эвристики» и «защитного пояса» коперниканской программы необходимо обратиться к творчеству одного из крупнейших теологов и философов XV в. – кардинала Николая Кузанского [28]. Это в его работах метафизические интуиции, составлявшие «дух времени» и подпитывавшие творчество Коперника, Кеплера, Галилея, Декарта и Ньютона, получили продуманный, систематический

и последовательный характер. Монотеистический креационизм кардинала Кузанского был направлен против птолемеевско-аристотелевского космоса: в качестве «тварного» Небо ничем не отличалось от Земли. С другой стороны, ренессансная трактовка человека как «второго бога», умелого творца идеальных (математических) мыслительных «сущностей» закладывала теоретико-методологические основы математического естествознания.

Вдохновляясь идеями Коперника и Платона (особенно в его диалоге «Тимей»), а также собственными астрономическими наблюдениями, сделанными при помощи новомодного телескопа, Галилей низводит математику с небес. В исключительно содержательном, программном сочинении «Пробирных дел мастер» (1623 г.) он провозглашает: «Философия природы написана в величайшей книге, которая всегда открыта перед нашими глазами, – я разумею Вселенную, но понять ее сможет лишь тот, кто сначала выучит язык и постигнет письмена, которыми она начертана. А написана эта книга на языке математики и письмена ее – треугольники, окружности и другие геометрические фигуры, без коих нельзя понять по-человечески ее слова: без них – тщетное кружение в темном лабиринте» [29].

И чтобы у читателей не возникало никаких сомнений в том, кем эта замечательная книга написана, позже, в знаменитом введении к «Диалогу о двух главнейших системах мира...» Галилей подчеркивает: «...Вернейшее средство направить свой взгляд вверх – это изучить великую книгу природы, которая и является настоящим предметом философии. Хотя все, что можно прочесть в этой книге, является творением всемогущего художника и расположено самым совершенным образом, наиболее достойно изучения в первую очередь то, что показывает нам творение и творца с более возвышенной стороны» [20].

Судя по всему, галилеевская интерпретация христианской теологии вдохновлялась и направлялась Платоном, в частности мифом о сотворении мира, изложенным в его знаменитом диалоге «Тимей» (любимом диалоге и одного из основателей квантовой теории В. Гейзенберга, который использовал его в качестве регулятивного принципа в физике элементарных частиц). Персонаж этого платоновского произведения, Демиург (верховный бог), нарезав в пространстве маленькие треугольнички, сотворил из них элементарные тела, а из этих тел, в свою очередь, реальные тела, растения, животных, человека... Именно благодаря «Тимею» понятие творца было обогащено понятием извечно предустановленного им плана.

Итак, природа проста и в высшей степени упорядочена именно потому, что при сотворении мира Бог вложил в него строгую математическую необходимость. Поэтому математическое знание не просто истинно, но священо, и даже в большей степени, чем Библия. Если по поводу интерпретаций Священного Писания существует много разногласий, то математические истины бесспорны.

В целях последовательной математизации Галилей кардинально преобразует методологию естественных наук, возводя идеализацию и мысленный эксперимент в ранг ведущих методов научного познания. Все это и позволило Галилею, помимо прочего, сформулировать «принцип инерции» и вплотную подойти ко второму закону Ньютона.

Сходные платоновские (и неоплатонистские) установки, а особенно «восхитительное соответствие между Космосом и Божественной Троицей», привели Кеплера к поиску математических законов, управляющих движением планет. Между взглядами Коперника и Кеплера было одно принципиально важное различие. Для Коперника движение планет было, как и для Птолемея, круговым. Поэтому оно не требовало какой-либо причины и происходило по инерции, поэтому Солнце не было «центром силы» и положение его вовсе не обязательно должно было совпадать с центром земной орбиты. Только Кеплер, размышляя об источнике движущей силы планет, раскрыл роль Солнца, и эта идея помогла ему понять механику движения планет [31]. Кеплер сделал второй шаг к единству математической астрономии и физики, открыв законы, грубо нарушающие аристотелевско-птолемеевский принцип равномерного вращения небесных тел. Три закона Кеплера оказались первыми научными законами, сформулированными в математической форме. «Небо» начало сокрушать качественную физику. Гармоничный союз небесного и подлунного отодвинул в сторону физику Аристотеля.

Главной задачей всего творчества И. Ньютона было открытие единых законов, управляющих движением тел как на небе, так и на Земле. Первое, что должен был на этом пути сделать Ньютон, руководствуясь позитивной эвристикой Коперника и Галилея, – это продемонстрировать, что та же самая сила, которая притягивает все тела к Земле, заставляет и Луну вращаться вокруг Земли. Именно это и было сделано в «Математических началах натуральной философии» (1687 г.). Как резюмирует в предисловии к этой книге ее издатель, «таким образом, установлено, что центростремительная сила, которою Луна постоянно отклоняется от касательной к своей орбите, есть сила тяжести Земли, распространяющаяся до Луны» [32].

## Вывод

Создав «твердое ядро» своей программы за счет синтеза гибридных теоретических схем Коперника, Кеплера, Гука и Галилея в виде конъюнкции трех законов динамики с законом всемирного тяготения, Ньютон наконец-то обеспечил постоянный эмпирически-прогрессивный рост коперниканской программе.

## Примечания

1. См.: *Gingerich O.* The Copernican Celebration // *Science Year.* – 1973/ – P. 266–267.
2. См.: *Данилов Ю.А., Смородинский Я.А.* Иоганн Кеплер: от «Мистерии» до «Гармонии» // УФН. – 1973. – Т. 109, вып. 1. – С. 175–209.
3. *Kuhn T.S.* The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought. – Cambridge: Harvard Univ. Press, 1957. – P. 224. См. также: *Шоноу П.* Цивилизация классической Европы. – М.: АСТ МОСКВА; Екатеринбург: У-Фактория, 2008. – С. 324.
4. *Lakatos I., Zahar E.* Why did Copernicus's Research Program supersede Ptolemy's? // *The Copernican Achievement.* – Los Angeles: Univ. of California, 1974. – P. 362.
5. *Kuhn T.S.* The function of dogma in scientific research // *Scientific Change* / Ed. by A.C. Crombie. New York; London, 1963. См. также: *Kuhn T.S.* The Copernican Revolution... – P. 177.
6. См.: *Nugayev R.M.* Early quantum theory genesis in the intertheoretic context // *Annales de la Fondation Louis de Broglie.* – 2000. – V. 25, num. 3. – P. 337–362.
7. См.: *Keelin, Lord.* 19-th century clouds over the dynamical theory of heat and light // *Philosophical Magazine.* – 1901. – V. 2, July. – P. 1–39.
8. См.: *Lakatos I., Zahar E.* Why did Copernicus's Research Program supersede Ptolemy's? – P. 374.
9. *Ibid.* – P. 380.
10. См., например: *Thomason N.* Could Lakatos even with Zahar's Criterion for novel fact, evaluate the Copernican Research Programme? // *The British Journal for the Philosophy of Science.* – 1992. – V. 43(2). – P. 161–200.
11. См.: *Lakatos I., Zahar E.* Why did Copernicus's Research Program supersede Ptolemy's? – P. 381.
12. См.: *Нугаев Р.М.* Проблема роста социогуманитарного знания // *Вопросы философии.* – 2007. – № 8. – С. 58–69.
13. См., например: *Нугаев Р.М.* Специальная теория относительности как результат взаимодействия термодинамики, статистической механики и максвелловской электродинамики // *Физическое знание: его генезис и развитие.* – М.: Наука, 1993. – С. 130–144; *Nugayev R.M.* Reconstruction of Mature Theory Change: A Theory-Change Model. – Frankfurt-am/M.: Peter Lang, 1999.
14. См.: *Lakatos I., Zahar E.* Why did Copernicus's Research Program supersede Ptolemy's?
15. *Аристотель.* Физика. – М.: Гос. соц.-экон. изд-во, 1936. – С. 58.
16. Там же. – С. 69.

17. *Койре А.* Очерки истории философской мысли: О влиянии философских концепций на развитие научных теорий. – М.: Прогресс, 1985. – С. 110.
18. *Аристотель.* Метафизика. – М.: Эксмо, 2006. – С. 45.
19. *Аристотель.* Физика. – С. 166.
20. Цит. по: *Клайн М.* Математика: Поиск истины. – М.: РИМИС, 2007. – С. 95.
21. См.: *Lakatos I., Zahar E.* Why did Copernicus's Research Program supersede Ptolemy's? – P. 371.
22. *Коперник Н.* О вращении небесных сфер. – М.: Эксмо, 2009. – С. 10.
23. Там же. – С. 17.
24. Там же. – С. 21.
25. Там же. – С. 27.
26. См.: *Nugayev R.M.* Reconstruction of Mature Theory Change. – С. 430.
27. *Коперник Н.* О вращении небесных сфер. – С. 17.
28. См., например: *Азутин А.В.* Поворотные времена. – СПб.: Наука, 2005.
29. Цит. по: *Клайн М.* Математика: утрата определенности. – М.: Мир, 1984. – С. 58.
30. *Галилей Г.* Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой / Пер. А.И. Долгова. – Москва; Ленинград: ОГИЗ – СССР, 1948. – С. 21.
31. См., например: *Данилов Ю.А., Смородинский Я.А.* Иоганн Кеплер: от «Мистерии» до «Гармонии».
32. [Предисловие] // Ньютон И. Математические начала натуральной философии / Под ред. Л.С. Полака; Пер. с лат. и коммент. А.Н. Крылова. – М.: Наука, 1989. – С. 31.

Дата поступления 04.12.11

Казанский филиал Российского  
университета кооперации, г. Казань  
[kafedra\\_gum@kki-ruk.ru](mailto:kafedra_gum@kki-ruk.ru),  
[rinatnugayev@mail.ru](mailto:rinatnugayev@mail.ru)

### ***Nugayev, R.M.* The Copernican revolution: its inter-theoretical context**

Considering the case of the Copernican revolution the author tests his conception of a genesis and structure of scientific revolutions which he developed by generalization of the experience of Einstein's revolution and considered in his previous publications. He shows that we may treat the Copernican revolution as a realization of the dualism between mathematical astronomy and Aristotelian qualitative physics in Ptolemy's cosmology and efforts to eliminate it. The works by Copernicus, Galileo, Kepler and Newton were the stages of the descent of mathematics from the sky to the earth and the reverse accession of the earth physics in the sky.

**Keywords:** the scientific revolution, Aristotle, Copernicus, cosmology, physics, mathematics, history of science