Межфакультетский курс

**«Научная революция XVI–XVII вв.: ученые, власть, общество»**

Менцин Ю.Л. – к.ф.-м.н., заведующий Музеем истории университетской обсерватории Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ.

***Лекция 7***

**Галилео Галилей: астроном, «отец современной физики», еретик**

(окончание)

К работе над «Диалогом» Галилей приступил в 1624 году, вскоре после начала понтификата Урбана VIII (1623–1644), и завершил ее в 1630 году. Свой труд Галилей хотел посвятить папе, но из-за проблем с получением разрешения на издание книги в Риме, ее пришлось издать во Флоренции. «Диалог» вышел в свет в 1632 году, с посвящением Великому герцогу Тосканы Фердинанду II Медичи.

Первоначально Галилей хотел назвать свой труд «О приливах и отливах», но этому воспротивился папа, периодически обсуждавший с ученым содержание его книги. Дело в том, что, по мнению Галилея, приливы и отливы были неоспоримым свидетельством движения Земли.[[1]](#footnote-1) Поэтому их упоминание в названии книги могло бы рассматриваться как пропаганда запрещенного учения Коперника. Между тем, в отличие от Галилея, стремившегося добиться отмены запрета, в планы Урбана VIII такая отмена не входила, и книга, написанная знаменитым ученым, была нужна ему для каких-то политических целей. Впрочем, иных целей у папы, не было.

Интриги, связанные с изданием «Диалога», скандал в папском дворце после выхода книги и, наконец, судебный процесс пришлись на время, когда Тридцатилетняя война, планировавшаяся как карательный поход против сторонников Реформации, из войны религиозной быстро превращалась в войну геополитическую, где принадлежность к той или иной конфессии существенной роли уже не играла. Так, именно в это время кардинал Ришелье поддержал немецких протестантских князей, воевавших против католической Испании. По идее Урбан VIII должен был осудить действия Ришелье, но, выражая интересы французской партии при папском дворе, он поддержал кардинала. Это возмутило Испанию и ее сторонников в Риме, а, если учесть, что в это время в Италии находились испанские войска, то положение папы трудно назвать простым. Во время официального приема посол Испании обрушился с упреками на Урбана VIII, а когда помощник папы попытался урезонить посла, то получил от него пощечину.

Для каких целей папе в этой ситуации мог понадобиться научный трактат Галилея? Историки отмечают, что при обсуждении с Галилеем научных вопросов Урбан VIII неоднократно начинал рассуждать о всемогуществе Бога, который, если захочет, может расположить небесные светила в любом порядке, а, поскольку мы не знаем Воли Божьей, то не можем претендовать на знание того, как на самом деле устроен мир. Поэтому папа хотел, чтобы эта мысль была ясно выражена Галилеем в «Диалоге», а когда обсуждался вопрос о получении разрешения на издание книги, он еще раз в категорической форме выразил свое пожелание. Оно было выполнено ученым, вложившим в уста Сальвиати эти рассуждения.

Учитывая политическую обстановку и необходимость лавировать между интересами светских владык, можно предположить, что трактат Галилея был нужен Урбану VIII, как научное оправдание этого лавирования, а, если повезет, то и как обоснование его будущей роли примирителя враждующих сторон.[[2]](#footnote-2) Обращает внимание то, что название трактата «Диалог о двух главнейших системах мира: птолемеевой и коперниковой» легко прочитывался современниками ученого и как диалог о двух главнейших религиозных системах. При этом на случай, если кто-то из читателей не заметит эту параллель, Галилей в предисловии отметил, что католические ученые не менее сведущи в новой космологии, чем протестантские (намек на Кеплера), но, благодаря мудрому декрету 1616 года, воздерживаются от вынесения окончательных суждений по вопросам мироустройства.

Историкам толком не известно, что именно возмутило Урбана VIII в «Диалоге» Галилея. Франческо Никколини, посол Великого герцога Тосканы в Риме, защищая не столько Галилея, сколько Медичи (обвинение придворного в ереси бросало тень на герцога), настойчиво, но безуспешно пытался получить ответ на этот вопрос во время аудиенции у папы. В послании герцогу посол писал, что папа «пришел в крайнее раздражение» и говорил, что Галилей «имел наглость влезть в самые серьезные и опасные вопросы, какие только есть в это время». На робкое замечание посла, что астрономические вопросы не входят в число вероучительных, папа согласился с этим, но тут же сказал, что Галилей, несмотря на дружбу, обманул и предал его и т.д.

Можно только гадать, в чем именно папа увидел главную ересь «Диалога». Документов на сей счет нет, и вряд ли они были. Но вот, что представляется резонным. Сомнительно, что у Урбана VIII было время, чтобы глубоко вникнуть в содержание «Диалога» и обнаружить в нем богословские «рифы». Тем более, что рассуждения папы о божественном всемогуществе не позволяют заподозрить в нем изощренного теолога. Скорее можно предположить, что богословский анализ «Диалога» для папы сделал кто-то другой. Судя по всему, это был папский теолог кардинал Агостино Ореджи, которого Урбан VIII называл «наш Беллармино». Другой вопрос, были ли богословские прегрешения Галилея столь велики, как говорил об этом послу Урбан VIII, и было ли предательство, или ученого элементарно оболгали, убедив боявшегося (не без оснований) заговоров папу в неверности друга?

Судя по тому, что Урбан VIII максимально смягчил исполнение весьма сурового приговора, вынесенного Галилею, папа понял, что предательства со стороны ученого не было. Однако, остановить начавшееся расследование папа не мог, даже если бы захотел. Тем более, что в архиве инквизиции было обнаружено предписание, запрещающее Галилею вести какую-либо пропаганду учения Коперника, что давало основание судить ученого как человека, повторно и злонамеренно впавшего в ересь. В ответ Галилей предъявил письмо Беллармино, в котором кардинал сообщал ученому, что у Церкви нет к нему претензий. Галилей также настаивал на том, что предписание ему не предъявляли. (По-видимому, этот документ был заготовлен «на всякий случай».) Однако доводы Галилея не были приняты судом во внимание, а Урбан VIII считал необходимым наказать ученого за своеволие («Диалог», несомненно, является апологией коперниканства), по поводу которого у папы не было никаких сомнений.

В итоге Галилей был приговорен к пожизненному тюремному заключению, публичному отречению, регулярному чтению покаянных молитв и запрещению «Диалога». Но тюремное заключение было сразу же заменено на домашнее, а читать покаянные молитвы разрешили дочери Галилея, монахине.[[3]](#footnote-3) Но самое главное, Галилей не был лишен возможности работать над продолжением своего «Диалога» – книгой «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки».[[4]](#footnote-4) Более того, после завершения в 1634 году работы над книгой Галилею удалось издать ее в 1638 году в протестантском (!) Лейдене. Решающую помощь в издании «Бесед» оказал граф Франсуа де Ноайль, французский посол в Риме, в свое время учившийся у Галилея в Падуе и с восхищением относившийся к ученому.

Граф де Ноайль в 1634 году прибыл в Рим в составе французской миссии, сообщившей Урбану VIII долгожданную весть о том, что Ришелье наконец начал войну против Испании. Это упрочило сильно пошатнувшееся положение Урбана VIII, поэтому, когда граф де Ноайль попросил разрешения встретиться с Галилеем, папа не мог ответить отказом. Осенью 1636 года эта встреча состоялась, и Галилей вручил своему бывшему ученику рукопись книги. По желанию Галилея, «Беседы» вышли в свет с посвящением графу де Ноайлю.

Анализу «Диалога» и «Бесед» – двух главных трудов Галилея – посвящено необозримое количество исследований. Поэтому, не претендуя на сколь-либо последовательный разбор этих трудов, отмечу в них лишь некоторые моменты, важные для читаемого курса. Эти моменты связаны, в первую очередь, с формированием нового физического мышления.

Начнем с того, что заверения Галилея о том, что он в «Диалоге» рассматривал систему Коперника лишь как одну из возможных, это не только попытка оправдать себя. Всё гораздо сложнее. Когда Галилей учит читателя рассматривать явления в системе Птолемея или в системе Коперника, его, Галилея, и читателя воображение не принадлежит уже ни одной из систем и переносится в мир, подобный миру разомкнутой Вселенной Бруно, то есть Вселенной, в которой нет никакого центра, а Солнце лишь одна из звезд.[[5]](#footnote-5)

С тренировкой в совершении таких «космических путешествий» тесно связано фундаментальное для Галилея представление о единстве земных и небесных явлений. Отсюда, например, рассуждения о том, что Земля, если на нее смотреть *со стороны*, будет светить отраженным светом, подобно Луне. Это первое. Второе. Размышления о том, что мы увидим, если мир устроен по Копернику или по Птолемею, требуют тренировки в выстраивании всё более сложных причинно-следственных, как правило кинематических цепочек, благодаря чему мир Галилея приобретает всё более механический характер.

Отдельного рассмотрения требует и отношение Галилея к Аристотелю. Я уже говорил, что Галилей критикует не столько самого Аристотеля, сколько использование его трудов в качестве непререкаемого авторитета. Но этот авторитет возник не на пустом месте. Физика Аристотеля – это осмысление и систематизация повседневного опыта, игнорировать который невозможно. В этом Галилей смог убедиться, когда вступил в полемику со сторонниками физики Аристотеля по вопросу о плавании тел (1611–13 гг.) По Галилею, для плавания тела необходимо, чтобы его удельный вес был меньше, чем у воды. Оппоненты Галилея резонно указывали, что не менее важную роль играет форма тела. Так, коробочка из железа не только плавает, но и может нести груз. Возражая, Галилей говорил, что надо учитывать воздух, содержащийся в коробочке, и тогда средний удельный вес будет меньше, чем у воды. При этом было непонятно, почему надо учитывать только тот воздух, который находится в открытой коробочке, и как быть с деревянной лодкой, которая на мелководье не плавает, а ложится на дно?

Еще более сложным был вопрос о движении тел по инерции. По Аристотелю, чтобы тело перемещалось, к нему нужно постоянно прикладывать силу. Но что движет брошенное тело? Симпличио, вслед за Аристотелем, предполагает, что это делает среда, в которой перемещается тело. Такой ответ вызывает смех у Сагредо и Сальвиати, которые напоминают своему собеседнику, что среда, наоборот, оказывает сопротивление движению, и что, если устранить сопротивление, то тело будет двигаться непрерывно. Всё так, но, чтобы движение тела было действительно непрерывным, это тело нужно поместить в особое, идеальное пространство, которое только зарождается у Галилея и окончательно оформится только в механике Ньютона. Тело, на которое не действуют никакие силы или они уравновешивают друг друга, будет двигаться вечно, но лишь в особом, абсолютном пространстве Ньютона. Другими словами, причиной движения является среда. При этом возникновение ускорения под действием силы в механике Ньютона столь же загадочно, как и возникновение скорости у Аристотеля.

В целом, я сказал бы, что отношение Галилея к Аристотелю можно сравнить с отношением автора романа «Дон Кихот» к рыцарским романам. Как известно, во времена Сервантеса (между прочим, современника Галилея) появлялись пародии на рыцарские романы. Но «Дон Кихот» - это скорее пародия на пародии, ирония, смех сквозь слезы и т.п., благодаря которым автору удается показать, во что превратится мир, если из него исчезнут рыцари. Тем самым, утверждает идеал рыцарства в мире, в котором уже давно смешно и нелепо быть рыцарем.

Исключительно важную роль в трудах Галилея играют мысленные эксперименты – теоретические процедуры, известные еще античным ученым. Мысленные эксперименты – это не просто опыты, проведенные «в уме», это, прежде всего, опыты над умом, над нашими представлениями о том, что именно является сутью рассматриваемых явлений. Такие знаменитые, описанные во многих учебниках мысленные эксперименты Галилея, как движение тела по бесконечной плоскости или падение тел в абсолютной пустоте и др., изменяют наши взгляды на природу движения, заставляют отказаться от прежних догм. При этом рассмотрение движений в некоторых предельных ситуациях позволяет увидеть в этих догмах принципиально новое содержание. Так, по Аристотелю идеальным является круговое движение, но движение по окружности бесконечно большого радиуса оказывается тождественным прямолинейному движению.

Детальный анализ мысленных экспериментов Галилея и их роли в становлении теоретического мышления Нового времени можно найти в книгах философа В.С. Библера «Мышление как творчество» и «Кант – Галилей – Кант». Я же ограничусь изложением некоторых выводов.

Итогом четырех дней споров в «Диалоге» и шести дней споров в «Беседах» становится трансформация мира физики Аристотеля в мир новой физики, точнее, еще только в набросок этого мира.

В мире Галилея фундаментальную роль играет математика. При этом для ученого математическое знание по своему совершенству равно божественному. По Галилею, Бог не может знать лучше, чем человек, творения человеческого ума. (Вот где, кстати, возможные причины для крайнего возмущения папы.) Бог может знать намного больше теорем, Он может мгновенно постигать их доказательства, но Он не может знать их луче человека. Или, как через 30 лет скажет Томас Гоббс: король может уволить придворного математика, но он не в состоянии отменить доказательства ни одной теоремы.

Но как связать идеальный мир математики с реальным миром? Ведь у них нет ничего общего, и именно поэтому Аристотель считал невозможным применение математики для описания изменчивых земных явлений. И вот, в поисках связующего звена Галилей обращается к особому, тоже созданному человеком миру механических орудий. Этот мир одновременно идеален и реален. Инженер, создающий то или другое орудие, имеет дело с природными материалами, но руководствуется при этом идеальным образом. Эти-то образы Галилей и извлекает из человеческого ума при помощи своих мысленных экспериментов. Через все диалоги Галилея красной нитью проходит обращение к собеседнику со словами: Вы сами не осознаете, что Вам уже известно правильное понимание сути явлений, но я Вам сейчас это покажу.

Очень сильно упрощая суть предложенного Галилеем решения, можно сказать, что оно состояло в том, чтобы идеальное (математику) применять для описания не реального, что невозможно, а другого идеального – модели. Тем самым, реальный мир постигается не сам по себе, а в его стремлении стать миром идеальных объектов (рычагов, снарядов и т.д.). И обратно, мы можем постигать мир природы лишь в той степени, в какой мы можем его изменять, делать частью техносферы. Понятно, что такое познание имеет мало общего с идеалами знания античного или средневекового, но это уже другая проблема.

Исследователи творчества Галилея (например, французский философ и историк науки А. Койре) давно обратили внимание на его глубокую связь с идеализмом Платона. Решая проблему познания человеческим умом реальности, Платон приходит к ошеломляющему выводу: мы можем познавать только то, что уже знаем, что уже есть в нашем мышлении. По Платону, мы не познаем, мы вспоминаем. Но примерно то же самое через 2000 лет делает Галилей, обнаруживая в человеческом мышлении бездны знаний, которые остается «лишь» извлечь. Да, в Новое время мы можем постигать природу лишь в той степени, в какой можем ее изменять, преобразовывать под наши практические цели. Но, с другой стороны, ученые получили возможность использовать колоссальные запасы знаний, накопленных за тысячи лет практической деятельности. Именно это и позволило науке Нового времени начать развиваться с такой скоростью. Открытие этих запасов знаний оказалось для человечества намного важнее открытия Нового Света. Вот, собственно, в чем главное достижение научной революции XVI–XVII веков.

На протяжении многих столетий теоретическое мышление и практическая деятельность существовали независимо друг от друга. Были созданы великолепные по своей красоте и глубине мысли философские, религиозные и этические системы, до сих восхищающие нас и служащие нам духовными ориентирами. Но при этом оставалось непонятным, как можно связать теоретическое знание, в том числе математику, с опытным изучением природы, опирающимся в конечном счете на совершенно ненадежные показания чувств. Поэтому главная заслуга научной революции не столько в отдельных достижениях (изобретениях, космологических теориях, новых направлениях математики и т.д.), сколько в преодолении пропасти между теоретическим знанием и практикой. Исключительно важный вклад в это преодоление сделал Галилей. Безусловно, он был далеко не единственным ученым, закладывавшим основы новой физики, но Галилей был первым, кто в «Диалоге» детально показал, как должен мыслить физик. Именно поэтому Эйнштейн назвал Галилея «отцом современной физики».

В заключение хотел бы проиллюстрировать рассказанное о Галилее при помощи двух «детских» примеров. Сейчас простейшим принципам модельного мышления на уроках физики учат школьников. Ученикам объясняют, то для описания явления при помощи известных им законов физики необходимо вначале построить модель этого явления. И вот, построение таких моделей, а без них невозможно решать задачи, и представляет для школьников главную трудность при изучении физики. Впрочем, построение удачных моделей физических, химических и других явлений, социальных и экономических процессов составляет главную трудность не только для школьников, но и для ученых.

И еще один пример. Второй закон Ньютона – ускорение тела прямо пропорционально величине действующей на него силы и обратно пропорционально массе тела – кажется очень простым, и не понятно, почему для его формулировки понадобилось две тысячи лет. Неужели Аристотель не мог сообразить, что чем больше действующая сила, тем быстрее будет расти скорость тела? Мог, конечно, но известный ныне каждому школьнику закон вызвал бы у философа множество вопросов. Разве рост скорости не зависит от условий движения тела или от его формы и размеров, от того, как именно приложена сила (сила, приложенная к краю ящика может заставить его опрокидываться, а не перемещаться поступательно) и т.д. Как же тогда возможно втиснуть это бесконечное множество случаев в столь простую формулу? Но в том-то и дело, что эта формула не является эмпирическим обобщением закономерностей движений множества тел. Более того, закон вообще не относится к движениям реальных тел. Он сформулирован для движения материальной точки в абсолютном пространстве Галилея-Ньютона. А для того чтобы применить его для описания движения реальных тел, нужно при помощи моделей показать, как эти тела связаны с материальной точкой, то есть с идеальным объектом. Сложно, конечно, но зато у нас есть закон, обладающий фантастической степенью общности, применимый для расчетов движений тел ***во всех случаях***, когда можно не учитывать релятивистские и квантовые эффекты.

.

1. Как известно, причиной движения приливной волны является притяжение воды со стороны Луны. Менее известно, что приливная волна, перемещается и по суше. Она вызывает подъем (выгибание) поверхности Земли на 30–40 см, и, в отличие от приливов, незаметна. На Луну, как причину приливов, указывал Иоганн Кеплер, хотя о притяжении он, конечно, не говорил. Теории приливов и отливов, как следствия движения Земли, посвящена заключительная часть «Диалога». В ней Галилей сравнивает приливы с выплескиванием воды из миски при ее неравномерном движении. [↑](#footnote-ref-1)
2. Вестфальский мирный договор, заключенный в 1648 году (Урбан VIII не дожил до него) и положивший в основу соглашения принцип «чья власть, того и религия», стал итогом постепенного осознания относительности и даже второстепенности религиозного противостояния. [↑](#footnote-ref-2)
3. Следует отметить, что Галилей не провел в тюрьме ни единого дня. После вынесения приговора он продолжал жить во дворце тосканского посла, а по возвращению на родину некоторое время жил во дворце архиепископа Сиены. Лишь после ряда обращений в Рим возмущенных «доброжелателей» Галилей наконец поселился у себя дома. [↑](#footnote-ref-3)
4. Имелись в виду наука о движении и наука о сопротивлении материалов. [↑](#footnote-ref-4)
5. Галилей никогда не встречался с Бруно, но и в Венеции, и в Риме он не мог не узнать о трагической судьбе философа, который тоже был сторонником системы Коперника. Ну, а раздобыть труды Бруно или хотя бы узнать о его идеях было не так уж трудно. Конечно, открыто говорить о своем знакомстве с идеями сожженного еретика Галилей не мог. [↑](#footnote-ref-5)