

**ПРОБЛЕМА ПОЛНОТЫ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ – II:
ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, ДВИЖЕНИЕ***

Б.И. Пещевицкий, А.Л. Симанов

Эпистемологическая неполнота механики Ньютона в смысле структуры и оснований последней обусловлена, по нашему мнению, тем фактом, что если при формулировке определений Ньютон придерживается методологического требования исследовать только фактическое, имеющее *эмпирические* основания, то в «Почтениях», касающихся пространства, времени и движения, их абсолютности и относительности, он опирается на исключительно умозрительные, гипотетические соображения, фактически априорно считая, что время, пространство и движение, в том числе и абсолютные, являются общеизвестными понятиями [1]. Критически рассматривая эти, казалось бы, основополагающие положения механики Ньютона, Э. Мах справедливо отмечал, что «об абсолютном пространстве и абсолютном движении никто ничего сказать не может; это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут» [2]. И действительно, если последовательно проводить *эмпирическую* линию Ньютона, с которой начинаются «Начала», то необходимо отказаться от представлений об абсолютных пространстве, времени и движении, поскольку *de facto* мы имеем дело лишь с *относительными* пространством, временем и движением. Однако Ньютон настаивал на существовании абсолютных пространства, времени и движения и пытался обосновать это известным опытом с вращающимся сосудом, наполненным водой. В этом проявилась его последовательное стремление и требование придерживаться фактов. Но, как известно, многие факты допускают несколько возможных интерпретаций, порой

* Продолжение. Начало см.: Философия науки. – 2006. – № 2 (29). – С. 75–92.

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект № 06-03-90305 а/Б).

радикально отличающихся друг от друга. И случай с сосудом можно объяснить, не прибегая к представлениям об абсолютных сущностях – достаточно опираться на представления об относительности движения. Введение же представлений об абсолютных пространстве, времени и движении излишне даже в рамках задач, поставленных и решаемых Ньютоном в его «Началах», что привело его к необходимости решать дополнительные задачи, правильный ответ на которые, на его взгляд, можно получить, только используя данные понятия. Фактически же эти задачи (как и задача с сосудом) можно решить (и они решены) без использования формулировок «Поучений». Таким образом, в этой своей части «Начала» обладают эпистемологической *избыточностью*, парадоксально приводящей к сформулированной выше эпистемологической неполноте, заключающейся, в частности, в необходимости «придумывать» задачи, которые фактически решаются без этих избыточных представлений.

Ньютон понимал трудности такой трактовки пространства, времени и движения, и в ответ на критику прежде всего со стороны Лейбница и Гюйгенса пытался оправдать ее. По мнению А. Эйнштейна, это оправдание сводилось к следующему положению: «Пространство не только вводилось как отдельный предмет, независимый от материальных объектов, ему приписывалась также абсолютная роль во всей каузальной структуре теории. Эта роль абсолютна в том смысле, что пространство (как инерциальная система) действует на все материальные предметы, в то время как последние не оказывают какого-либо обратного действия на пространство» [3].

Пустое ньютоново пространство при всей своей кажущейся очевидности большинству исследователей того времени казалось nonsensom. Его пытались заполнить и «оструктурировать», сделать не только местом, ареной событий, но и агентом, ответственным за физические процессы не только кинематически, но и динамически и, в свою очередь, самому зависимым от этих процессов и материальных предметов. Так, Лейбниц критиковал абсолютизацию пространства, свойственную Ньютону, превратившему пространство во внетелесную и самостоятельную сущность. Лейбниц был убежден, что никакого «чистого» пространства «самого по себе» нет, а значит, нет и пустоты. Он характеризовал пространство как рядоположенность явлений или отношение их сосуществования, но вступал в противоречие сам с собой, пытаясь выяснить, насколько эти явления реальны. Иногда он утверждал их

реальность, иногда считал их эфемерными, а пространство – застывшим, и отстаивал в конечном счете идею зависимости пространства от духовных сущностей, выступая с позиций идеализма. Это не могло найти положительного отклика у тогдашних естествоиспытателей, уверившихся, что Бог, сотворив все Сущее, предоставил ему право и возможность развиваться в соответствии с естественными законами, не вмешиваясь в ход этого развития.

Интерес представляет критика ньютоновской концепции пространства и времени, данная Дж. Толандом. Он утверждал, что движение есть основной способ бытия материи, а пространство и время связаны с движением. Отсюда «понятие пустоты есть одно из бесчисленных ошибочных следствий из определения материи через одну лишь протяженность, из утверждения, что материя по своей природе бездеятельна, из мысли, что она разделена на реальные части, вполне независимые друг от друга» [4]. И далее: «Я вполне сознаю, что вступаю в противоречие с общепринятым представлением и что, в частности, в вопросе о пространстве я как будто имею против себя мнение величайшего человека, величие которого не умалится и в том случае, если это его мнение окажется ошибочным, ибо его несравненные открытия все равно останутся непоколебленными. Что до меня, то я не могу поверить в абсолютное пространство, отличное от материи и вмещающее ее в себе, как не могу поверить и тому, что есть абсолютное время, отличное от вещей, о длительности которых идет речь. А между тем принято думать, что г. Ньютон не только утверждает существование того и другого, но и сравнивает их друг с другом» [5]. И в конечном итоге придерживается точки зрения, согласно которой «Вселенная (ничтожная часть которой представляет видимый нами мир) бесконечна как по протяжению, так и по силе; едина непрерывностью целого и смежностью частей; неподвижна в целом, ибо вне ее нет ни места, ни пространства, но подвижна в частях или в бесчисленных промежутках; одновременно неразрушима и необходима, и притом в обоих смыслах – в смысле вечного существования в прошлом и вечного пребывания в будущем» [6].

Необходимо отметить, что идеи Дж. Толанда (для нас они выглядят архаичными, но тем не менее... , если принять идею множественности вселенных... и следующий из современных космологических представлений факт, что для, условно говоря, «внешнего» по отношению к нашей Вселенной наблюдателя масса нашей Вселенной равна нулю,

то эти соображения весьма нетривиальны для своего времени – *лирическое отступление и комментарий авторов данной статьи*) оказали прямое воздействие на французских материалистов и косвенное – на развитие многих физических идей XVIII–XIX вв., закрепив сложившееся во времена Ньютона противостояние, условно говоря, «островных абсолютистов» – сторонников существования неких абсолютных сущностей в виде абсолютных пространства, времени и движения, являющихся сторонниками одновременно корпускулярного подхода (что позволило им разработать более истинную – корпускулярную, теорию теплоты), с одной стороны, и «континентальных субстанционалистов», противников пустого и абсолютного пространства и времени и существования абсолютного движения (что привело их к идее эфира как среды, формирующей пространство и ответственной за передачу взаимодействий, ибо, с их точки зрения, через ничто – пустоту – что-то передаваться не может). Действительно, пустое пространство облегчало решение физических задач, но только феноменологическое решение. Процессы фактически описывались, но не объяснялись. Их природа по большей части оставалась в стороне. Любые попытки объяснить явления приводили к субстанциальности пространства и к необходимости введения представлений о разного рода и разной формы материальных агентах. Проблема эфира в этом отношении является наиболее ярко выраженным феноменом и приобретает более широкое звучание, чем в контексте борьбы между сторонниками СТО и ее противниками. Она символизирует собой, прежде всего, борьбу между кинематистами-феноменологами и сторонниками, скажем так, объяснительной, в известной степени – динамической физики. И если для сторонников феноменологической физики описание процессов – единственная задача физики, то для желающих действительно понять мир задача физики – объяснение природы процессов, что первым кажется принципиально невозможным, а потому и не нужным. В дальнейшем, в эпоху формирования и расцвета квантовой механики и специальной теории относительности, казалось бы, сторонники первого взгляда одержали решительную победу. Но она оказалась пирровой. Мы потеряли не только наглядность в описании мира – мы потеряли, прежде всего, дух фундаментальности.

Во всяком случае, попытки описать мир динамическим, объясняющим образом всегда имели и будут иметь место. Разумеется, в этом случае мы не должны придерживаться мнения, что возможен

только один какой-то вариант описания – либо динамический, либо кинематический. Они должны быть взаимодополняемыми. Надо всегда помнить, что сведение физики к набору эмпирически подтверждаемых либо получаемых формул, описывающих процесс, необходимо, но не достаточно для понимания мира. В связи с этим сторонники феноменологии должны принять, что нельзя довольствоваться общераспространенными и общепринятыми представлениями о мире, его природе и его законах.

Таким образом, в истории физики можно проследить две тенденции, которые на первый взгляд выглядят противоположными и которые, на наш взгляд, привели к делению физики на феноменологическую и объясняющую. Первая тенденция выражена в том, что физики открывают все новые объекты, явления и процессы, новые связи между ними. Они не находят места в уже устоявшихся теориях и концепциях, порой приводят к принципиальному их пересмотру. То, что ранее казалось простым, видится сейчас сложным. Много из этой путаницы новых фактов остро воспринимается начинающим исследователем, но становится обыденным для исследователя-профессионала, занятого чаще всего решением более узких, конкретных (но не менее значимых и необходимых) задач. В большинстве своем физики–теоретики всегда были крайне консервативными в своих научных пристрастиях. И если мы получаем экспериментальное подтверждение наших выводов, то с такой ситуацией вполне можно смириться. Мы просто опишем новое, подберем для него формулы, проверим их эмпирически, и если результаты эмпирической проверки совпадают с результатами вычислений, то, можно сказать, мы имеем вполне удовлетворительную теорию этого нового. Однако такая ситуация мало приемлема для исследователя, желающего объяснить мир, и он ищет выход в том, что в истории физики мы выделили как вторую тенденцию.

Эта вторая тенденция выражена в том, что постоянно выявляются новые связи между объектами, явлениями и процессами, которые должны были, кажется, всегда оставаться отдельными, независимыми друг от друга. Данная ситуация приводит к тому, что одна теория, одно описание охватывают разнородные, а порой и разнокачественные, объекты, явления, процессы. Как следствие, происходит объединение теорий и упрощение описания: одна формула охватывает описание широкого класса объектов, явлений и процессов. Иными словами, физика

стремится к единству. А идея единства мира делает возможным и стимулирует поиск объяснения природы этих объектов, явлений и процессов. Так, очень долго считалось, что идея эфира позволит этой тенденции реализоваться в полной мере, поэтому во все времена она играла столь значительную роль в физических теориях.

Но вернемся к нашей проблематике. Из приведенных нами примеров и рассуждений, касающихся представлений об абсолютных пространстве, времени и движении, мы видим как раз вариант включения в теорию (в данном случае – в естественнонаучную) невыводимых в ней утверждений в качестве своеобразных аксиом, называемых поучениями, но оказывающихся в конечном итоге «лишними» и требующих, вследствие исходной эмпирической позиции Ньютона, дополнительного эмпирического обоснования, в то время как собственно исходные аксиомы движения (три закона Ньютона) такие основания и обоснования имеют. Попытки поиска эмпирических оснований для идей абсолютности привели не только к усложнению классической механики в изложении Ньютона, но и оказали значительное влияние на развитие физики Нового времени, вызвав споры и дискуссии относительно эпистемологических проблем физического познания, в частности, проблем интерпретации пространства, времени и движения. В конечном итоге, представление механики в аналитической форме (Лагранж и Эйлер) заглушило эти дискуссии, но, однако, привело в известной степени к потере физической онтологии: механика стала фактически разделом математической физики, сводящейся к рецептам решения конкретных задач. Кроме того, механика стала феноменологической теорией механических состояний [7].

Математизация теории механического движения (пространственного перемещения тел относительно друг друга с течением времени), предпринятая на основе дифференциации движения, т.е. выделения положения тела в данный момент времени, позволила ввести и определенные количественные характеристики механических состояний. В самом деле, в аналитическом представлении механики Ньютона состояние материальной точки, представляющей собой высшую степень абстрагирования от реального объекта, описывается пространственными координатами X , Y , Z и составляющими импульса P_x , P_y , P_z в данный момент времени.

Это описание является полным и отвечает критерию необходимости и достаточности описания состояния материальной точки в

данный момент времени. Но только в данный момент времени и только объекта, который мы можем считать материальной точкой. Фактически состояние объекта считается описанным полностью, если существует возможность предсказать все другие состояния в любой момент времени. Правда, возможен и другой подход к проблеме полноты описания состояния: состояние объекта считается описанным полностью только тогда, когда известны абсолютно все его характеристики. Но в этом случае об объекте надо знать абсолютно все, что невозможно в силу ограниченности наших знаний, которые носят относительный характер. При таком подходе не решается проблема полноты описания состояния и, соответственно, проблема полноты теории.

Первый подход оправдан только при абстрагировании от тех факторов, которые допустимо в той или иной ситуации считать несущественными, а также при классификации объектов по структурному уровню материи, по формам движения материи. В этом случае проблема полноты описания может быть решена положительно применительно к любой форме описания, если существует возможность предсказать последующие или выявить предыдущие состояния объекта.

Следует оговориться, что речь идет не о состоянии объекта вообще, а об определенном типе состояния, который выделяется применительно к той или иной форме движения материи, к тому или иному структурному уровню материи. На основе этих замечаний рассмотрим условия, соблюдение которых позволит решить проблему полноты описания состояния объекта применительно к макроуровню, в нашем случае – применительно к механическому состоянию.

Существенный момент здесь – наличие степеней свободы объекта, т.е. числа независимых характеристик, необходимых для однозначного определения положения объекта. Так, при ньютоновском описании состояния материальной точки имеем три степени свободы.

Итак, описание состояния механического объекта назовем полным, если существует возможность предсказать его состояния в любой другой момент времени или выяснить состояния в прошлом. Необходимыми и достаточными условиями полноты описания состояния являются: 1) знание степеней свободы объекта, определяющих его положение, и знание составляющих скорости, определяющих его изменение; 2) знание уравнений движения и начального состояния объекта (последнее может быть сведено к первому условию, если считать характеристики, определяемые им, начальными).

Необходимо отметить, что количественные характеристики состояния объекта зависят в этом случае от системы отсчета, относительно которой наш объект рассматривается. С помощью преобразований Галилея можно пересчитать эти характеристики для любой другой инерциальной механической системы отсчета.

С помощью уравнений Ньютона удастся выразить постоянство отношений между двумя последовательными состояниями одного и того же объекта. «Этим постоянством определяется бесконечная причинная цепь, которая образуется связью между всеми противостоящими состояниями и их следствиями» [8]. При вычислении последовательных во времени состояний интегрированием уравнений движения устанавливается конечная причинная цепь.

Эти представления наложили глубокий отпечаток на все последующее мышление ученых и послужили одним из моментов, вызвавших уверенность исследователей в полноте классической механики. В связи с этим имеет смысл дать краткий анализ концепции лапласовского детерминизма как завершения определенного этапа развития понятия «состояние». Именно на этом этапе понятие «состояние» как важнейшая составная часть механистического учения о детерминации включается в картину мира и становится по меньшей мере общенаучным понятием.

Согласно концепции механистического детерминизма, настоящее состояние Вселенной – следствие предыдущего и причина последующего. Этот принцип был перенесен на все явления и возведен в ранг философского. Он определил развитие физики на многие десятки лет вперед, пока создание квантовой механики не показало его ограниченность. Лаплас определяет этот принцип так: «Мы должны рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие ее предыдущего состояния и причиной последующего. Ум, которому были бы известны для какого-нибудь данного момента все сипы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее основных частей; если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движение величайших тел Вселенной наравне с движением легчайших атомов; не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором» [9].

Важно отметить, что в концепции Лапласа четко разделены онтологический и гносеологический аспекты. «Все усилия духа в поисках

истины, – пишет Лаплас, – постоянно стремятся приблизить его к разуму, о котором мы только что упомянули, но от которого он остается бесконечно далеким» [10]. Другими словами, детерминизм Лапласа выступает как идеал описания (эпистемологический аспект), а в онтологическом отношении выражает свойство объективной реальности, но не свойство описания ее. Однако в дальнейшем произошло смешение этих аспектов, что привело к неправильному определению и толкованию содержания связи состояний и понятия «состояние».

Следует сказать, что основы отождествления связи состояний с причинной связью заложены именно в условиях полноты описания механического состояния, в частности в требовании знания начального состояния объекта, определяющего его последующее поведение. В конечном итоге «любая мгновенная конфигурация изолированной системы логически включает все будущие конфигурации этой системы. Ее будущая история, следовательно, виртуально содержится в ее настоящем состоянии, которое, в свою очередь, логически содержится в ее прошлых состояниях. Что верно применительно к любой изолированной системе, верно и по отношению ко всей Вселенной, при условии, что она представляет собой изолированную систему» [11].

Далее. Лапласовский детерминизм универсален. «Все явления, – пишет Лаплас, – даже те, которые по своей незначительности как будто и не зависят от великих законов природы, суть следствия столь же неизбежные этих законов, как обращение Солнца» [12].

Кроме того, лапласовский детерминизм (в его онтологическом аспекте) обратим, так как связывает однозначным образом настоящее состояние и с прошлым, и с будущим [13]. Подобная обратимость была разрушена с созданием статистической физики.

Таким образом, концепция Лапласа – логически полная и завершенная в своих принципиальных положениях философско-научная концепция, дополнившая механистическую (в данном контексте лучше сказать – механическую) картину мира. А понятие «состояние» – одна из основных частей лапласовского детерминизма, на основе которого строится механистическая картина мира, – становится фундаментальным понятием, приобретая общенаучный характер.

В связи с этим необходимо отметить, что лапласовский детерминизм как натурфилософская (и в своих основаниях – метафизическая, если иметь ввиду его разработку и интерпретацию основ теории вероятностей) концепция отличается от детерминизма аналитической механики, который имеет частный, конкретно-научный характер. Действительно, детерминизм аналитической механики подразумевает однозначную обусловленность настоящего

состояния конкретного объекта его предшествующим состоянием, в то время как в лапласовском детерминизме настоящее (мгновенное) состояние объекта обусловлено полным прошлым состоянием *всей* Вселенной, но лишь частично, неполно обусловлено начальными состояниями данного объекта. Поэтому нельзя смешивать лапласовский детерминизм, возведенный в ранг философско-методологического принципа в роли общенаучной методологической установки, с детерминизмом аналитической механики, который применим лишь в сфере действия этой научной теории.

Указанное смешение двух различных по степени общности концепций привело к путанице в интерпретации понятия «состояние». С точки зрения аналитической механики понятие «состояние» представляет собой формулировку начальных параметров объекта, которая позволяет на основе использования основных законов движения вычислить поведение этого объекта в будущем. В то же время в лапласовском детерминизме понятие «состояние» близко по смыслу скорее к понятию «действительность» и отражает совокупность реализовавшихся возможностей.

Однако позднее содержание и смысл понятия «состояние» аналитической механики были перенесены на понятие «состояние» лапласовского детерминизма, который и отождествили с причинностью и предсказуемостью применительно к отдельным причинным цепям, в то время как причинность Лапласа на самом деле связана с предсказуемостью лишь в бесконечности охвата Вселенной.

Кроме того, подобная «замена» привела к отождествлению состояния объекта с самим объектом. Это отождествление может быть оправданным в аналитической механике, хотя бы в целях удобства описания движения объекта, решения конкретных задач, связанных с описанием движения конкретных объектов, но никак не оправдано и в методологической интерпретации, и с точки зрения логических оснований теории, и с точки зрения ее онтологической полноты. На этой основе происходит смешение онтологического и эпистемологического аспектов понятия «состояние». Итогом такого смешения является потеря физического содержания классической механики и ее фундаментального значения как *физической* теории. Она, если судить по современным учебникам по физике, превратилась в набор рецептов по решению конкретных задач.

Однако если мы считаем (а так, по нашему мнению и должно быть) классическую механику *физической* (а не только *математической*, пригодной для решения конкретных задач) теорией, то в этом, физическом, смысле мы должны показать ее эпистемологическую неполноту, которая «снимается» ее онтологической полнотой при условии, если при этом мы откажемся от «Почувствий» и рассмотрим *все существующие физические состояния механического движения*

макроскопических объектов, которые следуют из «Аксиом». Именно *онтологическая* полнота хотя бы перечисления описания всех возможных базовых, основных *состояний движения* макроскопических тел при отказе от абсолютности пространства, времени и движения как излишних сущностей и установление в этом контексте границ эпистемологической полноты позволит нам выявить *физическую* сущность классической механики. Обсуждение этой проблематики и будет нашей следующей задачей.

Примечания

1. См.: *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989. – С. 30.
2. *Мах Э.* Механика: историко-критический очерк ее развития. – Ижевск, 2000. – С. 196.
3. *Эйнштейн А.* О понятии пространства // Вопросы философии. 1957. – № 3. – С. 126.
4. *Толанд Дж.* Избранные сочинения. – М.; Л., 1927. – С. 100.
5. Там же. – С. 105.
6. Там же. – С. 141.
7. См.: *Симанов А.Л.* Понятие «состояние» как философская категория. – Новосибирск: Наука, 1982.
8. *D'Abro A.* The Decline of Mechanism. – N.Y., 1939. – P. 53.
9. *Лаплас П.С.* Опыт философии теории вероятностей. – М., 1908. – С. 9.
10. Там же. – С. 9–10.
11. *Сарес М.* Philosophical Impact of contemporary Physics. – N.Y., 1961 – P. 121.
12. *Лаплас П.С.* Опыт философии теории вероятностей. – С. 8.
13. Там же. – С. 9.

Институт философии и права СО РАН,
Институт неорганической химии СО РАН
г. Новосибирск

Peshchevitsky, B.I. and A.L. Simanov. The problem of completeness of classical mechanics

The paper gives the definition of the concept of completeness and offers a version of classification of varieties of scientific theory completeness. On this basis, it shows and analyses incompleteness of classical mechanics, primarily in an ontological aspect.