

движения; как напор, поскольку то же тело, с трудом уступая силе сопротивляющегося ему препятствия, стремится изменить состояние этого препятствия».

Когда какое-либо тело вследствие каких-либо причин начинает двигаться быстрее или медленнее, то это тело развивает (проявляет) силу инерции, но приложена эта сила инерции к другим телам и именно к тем, которые изменяют состояние движения первого тела. Так, например, когда мы бросаем камень, то развиваемая камнем сила инерции приложена к нашей руке: камень давит на руку. Когда, стоя на гибкой доске, мы подпрыгиваем, то развиваемая нами сила инерции прогибает доску. Когда велосипедист с большой скоростью врывается в толпу людей, он, не нажимая педалей, продолжает некоторое время двигаться по инерции, опрокидывая людей, но развиваемая велосипедистом вследствие потери скорости сила инерции приложена, понятно, не к велосипедисту, но именно к тем людям, которых он опрокидывает.

Можно ли сказать, что это представление об инерции, которое и составляет сущность первого закона механики, является продуктом чисто умозрительного творчества, а не обобщением наблюдаемых фактов? Конечно, нет! Мы могли бы вообразить, что какое-либо тело лишено инерции, что действие приложенной к нему силы вызывает и поддерживает его движение, а когда действие приложенной силы прекращается, то тело мгновенно останавливается. Именно эту точку зрения применительно к электрическим зарядам развил Ампер в своих классических трудах по электродинамике; Ампер исходил из принципа, что электричество лишено инерции. Впоследствии было обнаружено, что этот принцип ложен; элементарные электрически заряженные частицы — электроны — имеют массу, и им свойственна инертность. Даже свет имеет инертную массу. На современной ступени развития физики мы не знаем ни одного проявления материи, которое было бы лишено инерции.

§ 10. О понятиях «покоя» и «равномерности»

В первом законе механики говорится о «покое» и о «равномерности» движения. Какой смысл имеют эти слова? О покое по отношению к чему здесь идет речь? Ни Земля, ни Солнце, ни даже так называемые «неподвижные» звезды не находятся в покое; все небесные тела движутся.

Существует ли хотя одно тело, которое находилось бы в полном (абсолютном) покое? Такого тела мы не знаем. Допустим, что кто-либо выскажет предположение, что некое тело пребывает в абсолютном покое; как решить: верно это предположение или ложно? Например, один человек станет утверждать, что такая-то звезда пребывает в полном покое, тогда как все остальные звезды движутся, а другой будет утверждать, что пребывает в покое какая-либо

другая звезда, а движется указанная первым. Как установить, кто из наблюдателей прав?

Чтобы судить, движется ли какое-либо тело вполне равномерно (с абсолютно не изменяющейся скоростью), надо наблюдать движение этого тела, имея часы, про которые было бы заведомо известно, что их ход верен. Но что значит: «заведомо известно»? Нам ничто не может быть известно «заведомо». Если кто-либо скажет, что такие-то часы показывают время абсолютно верно, то как решить, справедливо это утверждение или ложно?

Перед формулировкой основных законов механики Ньютон дает следующие определения:

«Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительное пространство есть какая-либо ограниченная подвижная часть абсолютного пространства, принимаемого в обыденной жизни за пространство неподвижное... Так, если рассматривать Землю подвижной, то пространство атмосферного воздуха, которое по отношению к Земле остается всегда одним и тем же, будет составлять то одну часть пространства абсолютного, то другую...»

Место есть часть пространства, занимаемая телом... Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое; относительное движение есть перемещение тела из одного относительного его места в другое, относительное же.

Так, на корабле, идущем под парусами, относительное место тела есть та часть корабля, в которой тело находится, например та часть трюма, которая заполнена телом и которая, следовательно, движется вместе с кораблем. Относительный покой есть пребывание тела в той же самой области корабля или в той же самой части его трюма. Истинный покой есть пребывание тела в той же самой части того неподвижного пространства, в котором движется корабль со всем в нем находящимся. Таким образом, если бы Земля на самом деле покоилась, то тело, которое по отношению к кораблю находится в покое, двигалось бы в действительности с той абсолютной скоростью, с которой корабль идет относительно Земли. Если же и сама Земля движется, то истинное абсолютное движение тела найдется по истинному движению Земли в неподвижном пространстве и по относительным движениям корабля по отношению к Земле и тела по отношению к кораблю...

Абсолютное, истинное время само по себе и самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью... Абсолютное время различается в астрономии от обыкновенного солнечного времени уравнением времени; ибо естественные солнечные сутки, принимаемые в повседневной практике за равные для измерения времени, на самом деле между собой не равны; это неравенство и исправляется

астрономами, чтобы при измерениях движений небесных светил применять более правильное время.

Мы видим, что эти ньютоновы определения по сути дела не устраняют перечисленных выше трудностей.

Из приведенных определений Ньютона вытекает, что:

1) пространство и время обладают объективной реальностью; это правильно;

2) пространство и время не связаны органически с материей; это неверно. Такой подход к понятиям о пространстве и времени метафизичен.

Для правильного понимания ньютоновой механики весьма важно иметь в виду, что по ньютонову определению термин *абсолютное движение* имеет другой смысл, чем по тому определению, которое в настоящее время принято в кинематике и которое было пояснено в § 6. В кинематике любую систему ориентировки можно условно считать неподвижной; движение по отношению к такой условно неподвижной системе ориентировки принято называть абсолютным движением, но с ньютоновой точки зрения это движение *не* будет являться абсолютным движением, если система ориентировки, условно считаемая нами неподвижной, в действительности движется. Когда по ходу изложения не будет самоочевидно, в каком смысле употребляется термин «абсолютное движение», то ньютоново применение этого термина мы будем обозначать словами *истинно абсолютное движение*.

Из определений Ньютона мы не получаем ответа на вопрос: какой физический смысл имеют слова «покой» и «равномерность» движения в первом законе механики? Мы вправе, конечно, требовать, чтобы на этот, казалось бы, «простой» вопрос был дан совершенно ясный ответ. Однако именно «простые» вопросы часто оказываются наиболее трудными для разрешения.

Ни один из вопросов, касающихся сущности основных понятий физики, в действительности не является «простым». В этом отношении понятия физики гораздо сложнее математических. С ними нельзя обращаться, как с понятиями математическими, и не придется требовать, чтобы вся глубина, весь истинный смысл физического понятия были исчерпаны в его определении; многие вопросы, возникающие сразу после рождения нового физического понятия, проясняются постепенно, по мере развития физики. Физический смысл «покоя» и «равномерности» раскрывается не в определениях, которые предшествуют труду Ньютона, а в итоговых выводах ньютоновой механики.

В кинематике, где мы отвлекаемся от причин, вызывающих движение, и не принимаем в расчет массу движущегося объекта, является безразличным, какую систему ориентировки считать условно неподвижной. Не удивительно поэтому, что когда мы переходим от кинематики к динамике, то сразу обнаруживаются глубочайшие трудности

в применении кинематических понятий «покой» и «равномерность». Эти трудности вполне сознавались Ньютоном. Сразу после вышеприведенных определений Ньютон пишет: «Распознавание истинных движений отдельных тел и точное их разграничение от кажущихся весьма трудно, ибо части того неподвижного пространства, о котором говорилось и в котором совершаются истинные движения тел, не ощущаются нашими чувствами».

Однако то обстоятельство, что абсолютное пространство не ощущается нашими чувствами, ни в какой мере не поколебало убежденности Ньютона в том, что понятие об абсолютном пространстве (как и об абсолютном времени) должно быть положено в основу механики. Объективная реальность абсолютного пространства и абсолютного времени для Ньютона не подлежала сомнению, поэтому и к понятиям «покой» и «равномерность» Ньютон относился, как к понятиям, выражающим объективную реальность, вне зависимости от того, легко или трудно нам распознать эту реальность. Ньютон говорит: «Может оказаться, что в природе не существует покоящегося тела, к которому можно было бы относить места и движения прочих... Возможно, что не существует в природе такого равномерного движения, которым время могло бы измеряться с совершенной точностью». Ньютон считает, что эти вопросы должны быть исследованы и изучены. Не останавливаясь ни перед какими трудностями, Ньютон видит задачу механики и физики в «...нахождении истинных движений тел по причинам, их производящим, по их проявлениям и по разностям кажущихся движений...».

Из совокупного содержания всех трех книг «Математических начал натуральной философии», в особенности из последней книги, посвященной системе мира, ясно видно, что Ньютон как гениальный физик-материалист сам упорно стремился преодолеть отмеченную выше метафизичность сделанных им определений пространства и времени. Ньютон видел, что для преодоления метафизичности необходимо установить связь пространства и времени с материей. В третьей книге («Система мира») Ньютон обнаруживает органическую связь абсолютного пространства с материей, но по вине тогдашнего невысокого уровня космогонических познаний выводы Ньютона, правильные по существу, еще не имеют должной широты: то, что является справедливым в отношении мира в целом, Ньютон относит к солнечной системе.

Правильное построение механики Ньютона привело к преодолению метафизичности первоначального ньютонова определения абсолютного пространства и показало, что пространство органически связано с материей. Эта связь пространства с материей дана в устройстве мира, дана космогонически.

Органическая связь пространства и материи становится явной, когда в оценке объективного значения различных систем ориентировок мы идем по тому пути, который исторически отмечен переходом

от взглядов Птолемея к учению Коперника — Галилея — Кеплера — Ньютона и дальше — к естественному и неизбежному расширению идей Коперника — Ньютона на все звездные скопления, на весь мир в целом.

§ 11. Инерциальная система. Принцип относительности

В формулировке закона инерции ничего не говорится о том, по отношению к какой системе координат тело, на которое не действуют силы, будет по инерции сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Астрономические наблюдения и вычисления показывают, что закон инерции оправдывается в координатной системе, связанной с Солнцем. Приблизительно закон инерции оправдывается также и для движений, отнесенных к Земле.

Материальную систему, в которой с полной точностью оправдывается закон инерции, называют *инерциальной* (или, иначе, *галилеевой*) системой. Поясним понятие инерциальной системы примером.

Пусть нас интересует движение мяча, подброшенного к потолку одним из пассажиров железнодорожного вагона. Чтобы следить за движением мяча, мы можем избрать в качестве системы координатных плоскостей стенки вагона. Наряду с этой изберем еще другую систему координат, связанную с Землей. Если вагон стоит неподвижно, то движение подброшенного в вагоне мяча будет, понятно, одинаковым по отношению к обеим избранным нами координатным системам. Когда вагон движется равномерно и прямолинейно, наблюдатель, находящийся внутри вагона, может считать, что все предметы в его вагоне по инерции пребывают в покое, а подброшенный мяч ему будет казаться поднявшимся и опустившимся по вертикали. Наблюдатель же, стоящий у полотна железной дороги, скажет, что предметы внутри вагона движутся по инерции с общей скоростью (в частности и подброшенный мяч). Поскольку в неподвижном вагоне был справедлив (с некоторой степенью приближения) закон инерции, постольку и в движущемся равномерно и прямолинейно вагоне будет также справедлив закон инерции (с той же степенью приближения).

Иначе обстоит дело, если вагон движется ускоренно, или замедленно, или хотя бы и равномерно, но по криволинейному пути. Тогда движение подброшенного внутри вагона мяча приобретает совершенно иной характер: при ускоренном движении вагона подброшенный вертикально мяч упадет сзади бросившего его пассажира; при движении вагона по криволинейному пути он упадет сбоку и т. д. При резком затормаживании вагона неподвижно лежащие на столике предметы соскальзывают и падают на пол вперед по направлению движения вагона. Стоящие пассажиры с трудом удерживаются на ногах, а пассажиры, сидящие спиной к движению, чувствуют, что, помимо своей воли, они вдруг оказывают давление на спинки скамеек. Закон инерции — в ньютоновом понимании его