

**МЕЖВУЗОВСКИЙ ГОРОДСКОЙ СЕМИНАР  
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ  
г. ОДЕССА, УКРАИНА**

---

30 ноября 2011 г. на очередном заседании семинара  
заслушан доклад:

**Профессор Потехин А.Ф.**

(Одесский Национальный морской университет)

**ДИНАМИКА: КЛАСИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ОТСЧЁТА.**

**Законы динамики Ньютона в инерциальных системах отсчёта**

Уважаемые, коллеги!

Как правило, авторы учебников по физике и теоретической механике приводят ньютоновскую формулировку первого закона динамики материальной точки: *“Всякое тело продолжает удерживаться в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние”*. Казалось бы, всё в порядке. Но затем эта формулировка выворачивается наизнанку. Так, как это делается, например, в распространённом учебнике Трофимовой Т.И. (Курс физики, М., Высшая школа, 2003) и др. Дав формулировку первого закона по Ньютону, автор ровно через пять строчек забывает об этом и пишет совершенно противоположное (уже по Ландау-Лифшицу): *“Инерциальной системой отсчёта является такая система отсчёта, относительно которой материальная точка, свободная от внешних воздействий, либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно. Первый закон Ньютона (в этой перевёрнутой формулировке) утверждает существование инерциальных систем отсчёта”*. И от динамической формулировки первого закона Ньютона не осталось даже рожек и ножек. Поясним.

Во-первых, Трофимова, и другие авторы учебников, утверждают: *“Первый закон Ньютона выполняется не во всякой СО, а только в ИСО, причём ИСО называются такие СО, по отношению к которым выполняется первый закон Ньютона”*. В логике это называется тавтологией. Такое определение ИСО является некорректным. Ньютон не мог руководствоваться такой тавтологией. И он дал независимое от его законов, предшествующее формулировкам его законов, конструктивное определение инерциальных (по Ньютону - абсолютных) систем отсчёта. И лишь после этого он формулирует в этих ИСО законы динамики.

Во-вторых, Ньютон говорит о *“всяком”* теле, а у Трофимовой (и Ландау-Лифшица и пр. и пр.) это уже *“материальная точка свободная от внешних воздействий”*, то есть изолированная материальная точка. Но изолированная, ни с чем не взаимодействующая *“материальная точка”* это уже геометрическая точка, что является объектом изучения кинематики, а не динамики. От того, что вы свободную, изолированную *“материальную точку”* обозвали *“материальной”*, она не стала материальной. Если она изолирована, то никакие её физические свойства (наличие массы, заряда, и пр. и пр.) во внимание не принимаются, они никак не проявляются, поскольку она ни с чем не взаимодействует. У неё осталось лишь одно свойство: иметь координаты в пространстве и менять эти координаты во времени. А это уже кинематика.

В-третьих, у Ньютона эта материальная точка *“удерживается”* в своём состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения в силу материальных свойств этого тела, инертности его массы. У Трофимовой (и др.) этот динамический аспект утерян и взамен рассматривается геометрическая точка, которая *“либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно”*, опять-таки кинематика. И далее в учебниках с помощью формально-математического преобразования Галилея доказывается кинематическая теорема (инвариантности): если скорость движения геометрической точки постоянна в одной из систем отсчёта, то скорость этой же самой геометри-

ческой точки будет постоянной (но другой!) во всех системах отсчёта, которые движутся относительно первой поступательно, равномерно и прямолинейно. И все такие системы отсчёта (введенные в кинематике!) провозглашаются инерциальными.

Наконец, в-четвёртых, у Трофимовой (и др.), полностью утеряна, выброшена заключительная архидинамическая часть формулировки первого закона Ньютона: относительно ИСО сила и только сила, приложенная к самой материальной точке, может побудить её изменить своё состояние покоя или равномерного и прямолинейного движения. И тем самым у Трофимовой (и др.) игнорируется тот факт, что, например, тела вне корабля можно вывести из состояния покоя относительно этого корабля и без приложения сил к этим телам. Для этого, говорит Ньютон, достаточно силу приложить к самому кораблю. Поэтому для тел вне корабля система отсчёта корабля не является инерциальной по Ньютону даже при его поступательном, равномерном и прямолинейном движении относительно берега.

Таким образом, в противоположность Ньютону, Трофимова и др. авторы учебников дают понятие инерциальных систем отсчёта, во-первых, тавтологическим приёмом и, во-вторых, кинематическим определением, что неверно.

Как же следует определять понятие Инерциальных Систем Отсчёта (ИСО) в динамике согласно Ньютону? Рассмотрим этот вопрос детальнее.

В кинематике изучается движение тел друг относительно друга без учёта их взаимодействия. Никакие физические свойства тел во внимание не принимаются. То есть, в кинематике изучается перемещение во времени геометрических точек и тел из одних положений в пространстве в другие. Для математического описания этого движения вводится понятие систем отсчёта.

То тело, по отношению к которому наблюдается движение других тел, называется телом отсчёта. Тогда *системой отсчёта* называют жёстко связанную с телом отсчёта систему координат, служащую для указания положения точек в пространстве, вместе со скреплёнными с этой системой часами, служащими для указания времени. Координаты, определяющие положение тела в выбранной системе отсчёта, являются функциями скалярного параметра – времени  $t$ .

В кинематике в качестве тела отсчёта может быть выбрано любое из тел, и в этом смысле в кинематике все системы отсчёта равноправны. При этом выполняется *кинематический принцип относительности*: *взаимное движение тел не зависит от того, по отношению к какому из них это движение рассматривается, но наблюдать и описывать это движение будет поразному* (Коперник). Например, при наблюдении движения планет в качестве тела отсчёта можно взять как Землю, так и Солнце. В первом случае траекториями планет будут замкнутые кривые с попятными петлеобразными движениями – это система мира Птолемея. Во втором случае траекториями планет являются почти концентрические вокруг Солнца окружности – это система мира Коперника. Каждая из этих кинематических систем мира верно отображает взаимное движение планет и Солнца.

В динамике, также как и в кинематике, изучается движение тел друг относительно друга, но при этом учитывается их взаимодействие. Мерой взаимодействия тел является сила. То есть, в динамике изучается движение тел с учётом приложенных к ним сил. Основной задачей динамики является установление взаимосвязи, выраженной математическими соотношениями, между кинематическими параметрами движения тела (положение, скорость, ускорение) относительно выбранной системы отсчёта и приложенными к нему силами. Сразу же возникает вопрос: будем ли мы в динамике руководствоваться тем же определением систем отсчёта, что и в кинематике, или это понятие необходимо переопределить или дополнить? Для ответа на этот вопрос обратимся к эксперименту и астрономическим наблюдениям. Рассмотрим следующий пример.

Трамвай остановился. Войдя в вагон, студентка повесила сумочку на поручни у потолка. Впереди трамвая на тропе висит светофор. Светофор и сумочка покоятся относительно трамвая. Загорелся зелёный свет, и водитель довольно резко тронулся с места. Что произошло с сумочкой и корпусом светофора, пока трамвай ускорялся? Сумочка отклонилась от вертикали в сторону, про-

тивоположную ускорению трамвая. А корпус светофора? С ним ничего не произошло, он лишь стал приближаться к трамваю с ускорением, равным по величине и противоположным по направлению ускорению самого трамвая. Подумав, мы объясним разное поведение сумочки и светофора тем, что сумочка взаимодействует с трамваем, вследствие чего она движется вместе с ним, а светофор – нет. Таким образом, *в динамике, тело, движение которого наблюдается, может или взаимодействовать, или не взаимодействовать с телом отсчёта, вследствие чего оно участвует или не участвует в переносном движении этого тела отсчёта*. В физическом понимании это два принципиально разных случая взаимного движения тел в динамике. Поэтому Ньютон в динамике разделяет все системы отсчёта на два класса: динамические (рассматриваемое тело вовлекается в переносное движение тела отсчёта) и кинематические (рассматриваемое тело не вовлекается в переносное движение тела отсчёта). Заметим, по терминологии Ньютона это абсолютные и относительные пространства.

Следовательно, в динамике уже нет равноправия всех систем отсчёта. Более того, выявляется, что в доступной нашей экспериментально-практической деятельности области пространства есть привилегированная система отсчёта. Это гелиоцентрическая (барицентрическая) система отсчёта. Выделенность этой системы отсчёта заключается в том, что это единственная система отсчёта, которая является динамической для всех без исключения тел Солнечной системы. В таком смысле эта система отсчёта названа Ньютоном абсолютной. Все остальные системы отсчёта, связанные с телами Солнечной системы, для одних тел являются динамическими, для других – кинематическими. Например, Геоцентрическая система отсчёта является динамической для тел, участвующих в её переносном движении, включая Луну, но кинематической для планет и комет, не участвующих в переносном движении Земли.

Астрономическими наблюдениями установлено, что гелиоцентрическая система отсчёта движется поступательно, равномерно и прямолинейно относительно удалённых звёзд, однако мы вынуждены признать тот факт, что никакими опытами внутри замкнутой Солнечной системы тел это движение нельзя обнаружить. Тогда для всех наших динамических теорий, базирующихся на опытах в пределах Солнечной системы, гелиоцентрическая (барицентрическая) система отсчёта будет абсолютно неподвижной системой отсчёта: *“Общий центр тяжести Земли, Солнца и планет должен быть принят за центр мира”* (И. Ньютон). **Именно в этой системе отсчёта Ньютон сформулировал законы динамики движущихся тел.**

Следует ли отсюда, что используя законы динамики Ньютона в инженерно-практической деятельности, мы должны применять только Гелиоцентрическую систему отсчёта? Сформулируем вопрос иначе. Не будут ли законы природы одинаковыми в любых замкнутых физических системах взаимодействующих между собой тел, если эти системы тел движутся как целое поступательно, равномерно и прямолинейно относительно гелиоцентрической (барицентрической) системы отсчёта? Ньютон даёт положительный ответ на этот вопрос: *“Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключённых в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли это пространство, или движется равномерно и прямолинейно без вращения”*. При этом следует учесть следующее замечание Ньютона: *“тело, движущееся в подвижном пространстве, участвует и в движении этого пространства, поэтому тело, движущееся от подвижного места, участвует в движении своего места”*. Это динамический принцип относительности Галилея, который можно сформулировать и так: *законы динамики одинаковы внутри каждой из динамических, для некоторой совокупности тел систем отсчёта, если эти системы отсчёта движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно гелиоцентрической (барицентрической) системы отсчёта*. Все такие системы отсчёта называются инерциальными (с известной точностью) для данной совокупности тел.

В приведенном выше примере система отсчёта покоящегося трамвая является инерциальной для сумочки и псевдоинерциальной для светофора. Из состояния покоя сумочку относительно трамвая можно вывести только приложенной к ней силой (в нашем случае сила реакции связи).

Светофор же можно вывести из состояния покоя относительно трамвая без приложения к светофору сил. Для этого достаточно силу приложить к самому трамваю.

Только после того, как дано независимое от законов Ньютона определение инерциальных систем отсчёта, можно переходить к формулировке относительно этих систем отсчёта как законов Ньютона в механике, так и уравнений Максвелла в электродинамике.

Эти вопросы рассмотрены в пособии, которое предварительно вам было роздано:

А. Ф. Потехин. Физика. Введение в динамику. Классификация систем отсчёта – Одесса: Астропринт, 2011, 72 с. (URL: <http://potjexhin.narod.ru/>).

Благодарю за внимание!

### **Заключение автора после дискуссии по докладу:**

Уважаемые коллеги!

Критерием истины теории в физике есть практика, эксперимент. Известно утверждение: даже сотни экспериментов, подтверждающих теорию в пределах области её применения, не гарантируют истинности этой теории, но достаточно одного эксперимента из той же области её применения, опровергающего теорию, чтобы признать её ошибочной. И если неоспоримым фактом является серия обнародованных мною базовых физических экспериментов по механике, электродинамике, оптике и атомной физике, которые не согласуются и даже противоречат общепринятой сегодня классификации систем отсчёта, то от этой классификации систем отсчёта надо отказываться.

Вы хотите остаться с общепринятой сегодня классификацией систем отсчёта в физике, в которой не делается различия между системами отсчёта в кинематике и динамике? Не надо лишних слов. Обратитесь к указанным мною экспериментам и дайте их обоснование с позиции этой общепринятой сегодня классификации систем отсчёта! Сделайте это! И вы докажете, что вы правы. Не можете этого доказать? Тогда согласитесь, что вы не правы.

Поскольку здесь, в основном, присутствуют представители кафедр теоретической механики, рекомендую начать с акустического эффекта Доплера. Известно, что этот эффект проявляется по-разному, в зависимости от того, движется ли источник, а приёмник покоится в среде или движется приёмник, а источник покоится, или и источник и приёмник движутся одновременно с разными скоростями. В этом опыте системы отсчёта, связанные с источником и приёмником, движутся поступательно, равномерно и прямолинейно относительно инерциальной лабораторной системы отсчёта, в которой эта среда покоится. Следовательно, с точки зрения общепринятой сегодня классификации систем отсчёта, поскольку каждая из этих систем отсчёта в данном опыте провозглашается инерциальной, то во всех трёх случаях относительного движения источника, приёмника и среды эффект Доплера должен проявляться одинаково. Но это противоречит Эксперименту!

Так какой физике и теоретической механике мы будем учить студентов и школьников, уважаемые коллеги? Той физике и теоретической механике, с той классификацией систем отсчёта, которая подтверждается экспериментом, или той, появившейся в начале XX века классификацией, которая является общепризнанной сегодня, но опровергается экспериментом?

Благодарю за внимание!