

Существуют ли силы инерции

По материалам книги Н.В. Гулиа «Физика: Парадоксальная механика в вопросах и ответах»,
– М.: НЦ. ЭНАС, 2004.

Вопрос. В научной и технической литературе часто используется термин «силы инерции». Реальны или фиктивны эти силы?

Ответ. Одним из первых классиков математики и механики, который подчеркивал нереальность сил инерции, был Леонард Эйлер (1707-1783). Он писал: «Иногда пользуются выражением «сила инерции», так как сила есть нечто противодействующее изменению состояния. Но если под силой понимать какую-то причину, изменяющую состояние тела, то здесь её нужно понимать совсем не в этом смысле: проявление инерции в высшей степени отлично от того, которое свойственно обычным силам. Поэтому для избежания какой-либо путаницы слово «сила» не будем употреблять и будем рассматриваемое свойство тел называть инерцией»¹.

Однако как ни боялся Эйлер путаницы, она всё-таки произошла.

«Виновными» в этой путанице оказались французские математики и механики Жан Лерон Даламбер (1717-1783) и Жозеф Луи Лагранж (1736-1813). Первый сформулировал свой принцип, а второй математически его обработал, так что в современной формулировке он звучит так: «Если в любой момент времени к каждой из точек системы, кроме фактически действующих на неё внешних и внутренних сил, приложить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет находиться в равновесии, и к ней можно будет применять все уравнения статики»².

Пожалуй, ни одно из положений механики не вызывало, да и сейчас не перестаёт вызывать столько споров и путаницы, как принцип Даламбера. В 20-е годы прошлого века против него выступали философы, обвиняя его автора в недialeктичности: по принципу Даламбера изучение динамики сводится к исследованию статики, представляющей собой частный случай динамики. В 30-е годы возникла дискуссия о силах инерции между инженерами-практиками и механиками-теоретиками. Практики утверждали, что силы инерции реальны и именно они производят те действия, которые тела совершают «по инерции».

Последняя из этих дискуссий состоялась в 1983 году в актовом зале МВТУ им. Баумана и закончилась убедительной победой сторонников фиктивности сил инерции.

Каков же современный взгляд на реальность сил инерции? Исчерпывающий ответ на этот вопрос дал академик А. Ю. Ишлинский³: «Реально существующими объявляются лишь силы, вызывающие ускорения материальных точек и тел относительно «абсолютной» системы координат (инерциальной системы отсчета – Н. Г.). Они выражают меру механического взаимодействия тел в природе... Следует отличать так называемые даламберовы силы инерции от сил инерции, вводимых при рассмотрении движения материальных точек и тел по отношению к подвижным системам координат. Последние будут именоваться эйлеровыми силами инерции. И даламберовы, и эйлеровы силы инерции не являются силами физическими и в этом смысле нереальны. Введение этих несуществующих сил чисто условное...»

Тем не менее, в технической литературе существует огромное количество ошибок этого плана. Например, при изучении движения гибких связей – ремней, цепей – по криволинейным траекториям, силу, действующую на элемент массы, в учебниках чаще всего направляют не в сторону нормального ускорения, а в противоположную. Между тем, учащиеся из курса физики уже знают, что сила должна быть направлена в ту же сторону, что и вызываемое ею ускорение, согласно второму закону Ньютона. Возникает путаница, которой так боялся Эйлер!

Этому вопросу следует уделить в школе повышенное внимание, особенно со школьниками, которые в дальнейшем будут обучаться в технических вузах.⁴

Вопрос. Если кориолисовы силы инерции нереальны, как они могут вызвать подмывание берегов рек? Что такое гироскопический эффект?

Ответ. Подмывание берегов рек можно качественно объяснить и без использования подвижной системы отсчета, эйлеровых сил инерции и других предположений.

Известно, что у рек, текущих в Северном полушарии, подмываются правые берега. Взглянем на Землю с высоты со стороны её Северного полюса. Представим для простоты, что река, начинаясь на экваторе, течет прямо на север, пересекает Северный полюс и заканчивается тоже на экваторе, но уже с другой стороны. Вода в реке на экваторе имеет ту же скорость в направлении с запада на восток, как и ее берега (не течение реки, а именно скорость воды вместе с берегами и с Землей). Это при суточном вращении Земли составляет около 0,5 км/с. По мере приближения к полюсу скорость берегов уменьшается, а на самом полюсе она равна нулю. Но вода в реке «не хочет» уменьшать свою скорость – она подчиняется закону инерции. А скорость эта направлена в сторону вращения Земли – с запада на восток. Вот и начинает вода «давить» на восточный берег реки, который оказывается правым по течению. Дойдя до полюса, вода в реке полностью утратит свою скорость в «боковом» направлении, так как полюс – это неподвижная точка на Земле. Но река продолжает течь теперь уже на юг, и берега её вращаются опять же с запада на восток со все увеличивающейся по мере приближения к экватору скоростью. Западный берег начинает «давить» на воду в реке, разгоняя её с запада на восток, ну а вода, по третьему закону Ньютона, «давит» на этот берег, оказавшийся правым по течению.

На Южном полушарии всё происходит наоборот. Если взглянуть на Землю со стороны Южного полюса, то вращается она уже в другом направлении. Все, у кого есть глобус, могут проверить это. Вот вам и закон Бэра, названный так в честь российского естествоиспытателя Карла Бэра (1792-1876), подметившего эту особенность рек.

А тут уже недалеко и до объяснения гироскопического эффекта вообще. Продолжим нашу реку дальше и опишем ею замкнутый круг на поверхности Земли. При этом заметим, что вся северная часть реки, находящаяся в Северном полушарии, будет стремиться направо, а вся южная часть – налево. Вот и всё объяснение гироскопического эффекта, который считается едва ли не труднейшим в теоретической механике!

Итак, наша река – это огромное кольцо или маховик, вращающийся в том же направлении, что и течение реки. Если при этом поворачивать этот маховик в направлении вращения Земли, то вся северная его часть будет отклоняться вправо, а южная – влево. Иначе говоря, маховик будет поворачиваться так, чтобы его вращение совпало с направлением вращения Земли! Это и является качественным проявлением гироскопического эффекта.

¹ *Аппель П. Теоретическая механика. – М.: Физматгиз, 1960.*

² *Асламазов Л. Г., Варламов А. А. Удивительная физика. – М.: Добросвет, 2002.*

³ *Бронштэн В. А. Гипотезы о звездах и Вселенной. – М.: Наука, 1974.*

⁴ *Выгодский М. Я. Галилей и инквизиция. – М.-Л.: Гостехтеориздат, 1934.*