

В отсутствие внешних силовых воздействий тело будет продолжать равномерно двигаться по прямой. Ускорение движущегося тела пропорционально сумме приложенных к нему сил и обратно пропорционально его массе. Всякому действию сопоставлено равное по силе и обратное по направлению противодействие.

Законы Ньютона — в зависимости от того, под каким углом на них посмотреть, — представляют собой либо конец начала, либо начало конца классической механики. В любом случае это поворотный момент в истории физической науки — блестящая компиляция всех накопленных к тому историческому моменту знаний о движении физических тел в рамках физической теории, которую теперь принято именовать *классической механикой*.

Можно сказать, что с законов движения Ньютона пошел отсчет истории современной физики и вообще естественных наук.

Однако Исаак Ньютон взял названные в его честь законы не из воздуха. Они, фактически, стали кульминацией долгого исторического процесса формулирования принципов классической механики. Мыслители и математики — упомянем лишь Галилея (см. Уравнения равноускоренного движения) — веками пытались вывести формулы для описания законов движения материальных тел — и постоянно спотыкались о то, что лично я сам для себя называю непроговоренными условностями, а именно — обе основополагающие идеи о том, на каких принципах зиждется материальный мир, которые настолько устойчиво вошли в сознание людей, что кажутся неоспоримыми. Например, древним философам даже в голову не приходило, что небесные тела могут двигаться по орбитам, отличающимся от круговых; в лучшем случае возникала идея, что планеты и звезды обращаются вокруг Земли по концентрическим (то есть вложенным друг в друга) сферическим орбитам. Почему? Да потому, что еще со времен античных мыслителей Древней Греции никому не приходило в голову, что планеты могут отклоняться от совершенства, воплощением которой и является строгая геометрическая окружность. Нужно было обладать гением Иоганна Кеплера, чтобы честно взглянуть на эту проблему под другим углом, проанализировать данные реальных наблюдений и *ВЫВЕСТИ*

из них, что в действительности планеты обращаются вокруг Солнца по эллиптическим траекториям (см.

Законы Кеплера).

### Первый закон Ньютона

Учитывая столь серьезный, исторически сложившийся провал, первый закон Ньютона сформулирован безоговорочно революционным образом. Он утверждает, что если какую-либо материальную частицу или тело попросту не трогать, оно будет продолжать прямолинейно двигаться с неизменной скоростью само по себе. Если тело равномерно двигалось по прямой, оно так и будет двигаться по прямой с неизменной скоростью. Если тело покоилось, оно так и будет покоиться, пока к нему не приложат внешних сил.

Чтобы просто сдвинуть физическое тело с места, к нему нужно *обязательно* приложить стороннюю силу. Возьмем самолет: он ни за что не стронется с места, пока не будут запущены двигатели. Казалось бы, наблюдение самоочевидное, однако, стоит нам отвлечься от прямолинейного движения, как оно перестает казаться таковым. При инерционном движении тела по замкнутой циклической траектории его анализ с позиции первого закона Ньютона только и позволяет точно определить его характеристики.

Представьте себе что-то типа легкоатлетического молота — ядро на конце струны, раскручиваемое вами вокруг вашей головы. Ядро в этом случае движется не по прямой, а по окружности — значит, согласно первому закону Ньютона, его что-то удерживает; это «что-то» — и есть центростремительная сила, которую вы прилагаете к ядру, раскручивая его. Реально вы и сами можете ее ощутить — рукоять легкоатлетического молота ощутимо давит вам на ладони. Если же вы разожмете руку и выпустите молот, он — в отсутствие внешних сил — незамедлительно отправится в путь по прямой. Точнее будет сказать, что так молот поведет себя в идеальных условиях (например, в открытом космосе), поскольку под воздействием силы гравитационного притяжения Земли он будет лететь строго по прямой лишь в тот момент, когда вы его отпустили, а в дальнейшем траектория полета будет всё больше отклоняться в направлении земной поверхности. Если же вы попытаетесь действительно выпустить молот, выяснится, что отпущенный с круговой орбиты молот отправится в путь строго по прямой, являющейся касательной (перпендикулярной к радиусу окружности, по которой его раскручивали) с линейной скоростью, равной скорости его обращения по «орбите».

Теперь заменим ядро легкоатлетического молота планетой, молотобойца — Солнцем, а струну — силой гравитационного притяжения: вот вам и ньютоновская модель Солнечной системы.

Такой анализ происходящего при обращении одного тела вокруг другого по круговой орбите на первый взгляд кажется чем-то само собой разумеющимся, но не стоит забывать, что он вобрал в себя целый ряд умозаключений лучших представителей научной мысли предшествующего поколения (достаточно вспомнить Галилео Галилея). Проблема тут в том, что при движении по стационарной круговой орбите небесное (и любое иное) тело выглядит весьма безмятежно и представляется пребывающим в состоянии устойчивого динамического и кинематического равновесия. Однако, если разобраться, сохраняется только *модуль* (абсолютная величина) линейной скорости такого тела, в то время как ее *направление* постоянно меняется под воздействием силы гравитационного притяжения. Это и значит, что небесное тело движется *равноускоренно*

. Кстати, сам Ньютон называл ускорение «изменением движения».

Первый закон Ньютона играет и еще одну важную роль с точки зрения нашего естествоиспытательского отношения к природе материального мира. Он подсказывает нам, что любое изменение в характере движения тела свидетельствует о присутствии внешних сил, воздействующих на него. Условно говоря, если мы наблюдаем, как железные опилки, например, подпрыгивают и налипают на магнит, или, доставая из сушилки стиральной машины белье, выясняем, что вещи слиплись и присохли одна к другой, мы можем чувствовать себя спокойно и уверенно: эти эффекты стали следствием действия природных сил (в приведенных примерах это силы магнитного и электростатического притяжения соответственно).

### Второй закон Ньютона

Если первый закон Ньютона помогает нам определить, находится ли тело под воздействием внешних сил, то второй закон описывает, что происходит с физическим телом под их воздействием. Чем больше сумма приложенных к телу внешних сил, гласит этот закон, тем большее *ускорение* приобретает тело. Это раз. Одновременно, чем массивнее тело, к которому приложена равная сумма внешних сил, тем меньшее ускорение оно приобретает. Это два. Интуитивно эти два факта представляются самоочевидными, а в математическом виде они записываются так:

$$F = ma$$

где  $F$  — сила,  $m$  — масса,  $a$  — ускорение. Это, наверное, самое полезное и самое широко используемое в прикладных целях из всех физических уравнений. Достаточно знать величину и направление всех сил, действующих в механической системе, и массу материальных тел, из которых она состоит, и можно с исчерпывающей точностью рассчитать ее поведение во времени.

Именно второй закон Ньютона придает всей классической механике ее особую прелесть — начинает казаться, будто весь физический мир устроен, как наиточнейший хронометр, и ничто в нем не ускользнет от взгляда пытливого наблюдателя. Назовите мне пространственные координаты и скорости всех материальных точек во Вселенной, словно говорит нам Ньютон, укажите мне направление и интенсивность всех действующих в ней сил, и я предскажу вам любое ее будущее состояние. И такой взгляд на природу вещей во Вселенной бытовал вплоть до появления квантовой механики.

### Третий закон Ньютона

За этот закон, скорее всего, Ньютон и снискал себе почет и уважение со стороны не только естествоиспытателей, но и ученых-гуманитариев и попросту широких масс. Его любят цитировать (по делу и без дела), проводя самые широкие параллели с тем, что мы вынуждены наблюдать в нашей обыденной жизни, и притягивают чуть ли не за уши для обоснования самых спорных положений в ходе дискуссий по любым вопросам, начиная с межличностных и заканчивая международными отношениями и глобальной политикой. Ньютон, однако, вкладывал в свой названный впоследствии третьим закон совершенно конкретный физический смысл и едва ли замышлял его в ином качестве, нежели как точное средство описания природы силовых взаимодействий. Закон этот гласит, что если тело А воздействует с некоей силой на тело В, то тело В также воздействует на тело А с равной по величине и противоположной по направлению силой. Иными словами, стоя на полу, вы воздействуете на пол с силой, пропорциональной массе вашего тела. Согласно третьему закону Ньютона пол в это же время воздействует на вас с абсолютно такой же по величине силой, но направленной не вниз, а строго вверх. Этот закон экспериментально проверить нетрудно: вы постоянно чувствуете, как земля давит на ваши подошвы.

Тут важно понимать и помнить, что речь у Ньютона идет о двух силах совершенно разной природы, причем каждая сила воздействует на «свой» объект. Когда яблоко падает с дерева, это Земля воздействует на яблоко силой своего гравитационного притяжения (вследствие чего яблоко равноускоренно устремляется к поверхности Земли), но при этом и яблоко притягивает к себе Землю с равной силой. А то, что нам кажется, что это именно яблоко падает на Землю, а не наоборот, это уже следствие второго закона Ньютона. Масса яблока по сравнению с массой Земли низка до несопоставимости, поэтому именно его ускорение заметно для глаз наблюдателя. Масса же Земли, по сравнению с массой яблока, огромна, поэтому ее ускорение практически незаметно. (В случае падения яблока центр Земли смещается вверх на расстояние менее радиуса атомного ядра.)

По совокупности же три закона Ньютона дали физикам инструменты, необходимые для начала комплексного наблюдения всех явлений, происходящих в нашей Вселенной. И, невзирая на все колоссальные подвижки в науке, произошедшие со времен Ньютона, чтобы спроектировать новый автомобиль или отправить космический корабль на Юпитер, вы воспользуетесь все теми же тремя законами Ньютона.