

внимание, усиливает работу мысли и, следовательно, способствует более сознательному усвоению.

Для оживления интереса к физическим расчетам в некоторые статьи этого сборника введен вычислительный материал (чего в первой книге почти не делалось).

В общем, настоящий сборник по подбору материала предназначен для несколько более подготовленного читателя, нежели первая книга «Занимательной физики», хотя различие в этом отношении между обеими книгами настолько незначительно, что их можно читать в любой последовательности и независимо одну от другой.

Для настоящего издания в книгу введен ряд новых статей и рисунков. Добавлен список книг, рекомендуемых для дальнейшего чтения.

Третьей книги «Занимательной физики» не существует. Взамен ее автором составлены следующие книги: «Занимательная механика», «Знаете ли вы физику?» и, кроме того, отдельная книга, посвященная вопросам астрономии: «Занимательная астрономия».

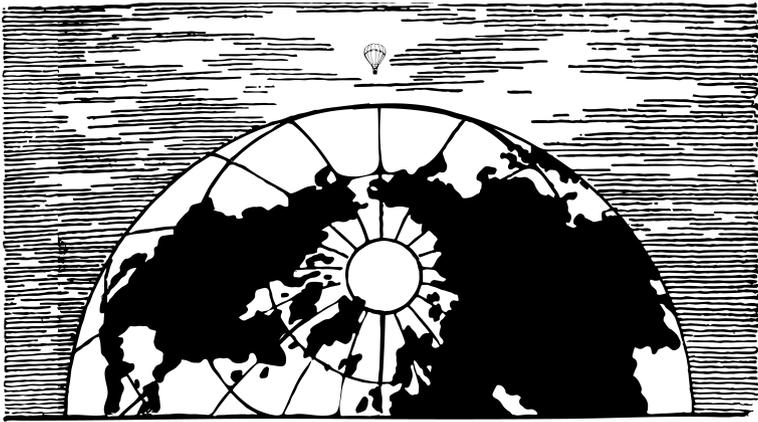


Рис. 1. Можно ли с аэростата видеть, как вращается земной шар? (Масштаб в рисунке не соблюден)

## ГЛАВА ПЕРВАЯ ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ

### Самый дешевый способ путешествовать

**О**строумный французский писатель XVII века Сирано де Бержерак в своей сатирической «Истории государств на Луне» (1652 г.) рассказывает, между прочим, о таком будто бы происшедшем с ним удивительном случае. Занимаясь физическими опытами, он однажды непостижимым образом был поднят вместе со своими склянками высоко в воздух. Когда же через несколько часов ему удалось спуститься вновь на землю, то, к изумлению, очутился он уже не в родной Франции и даже не в Европе, а на материке Северной Америки, в Канаде! Свой неожиданный перелет через Атлантический океан французский писатель, однако, находит вполне естественным. Он объясняет его тем, что, пока невольный путешественник был отделен от земной поверхности, планета наша продолжала по прежнему вращаться на восток; вот почему, когда он опустился, под ногами его вместо Франции оказался уже материк Америки.

Казалось бы, какой дешевый и простой способ путешествовать! Стоит только подняться над Землей и продержаться в воздухе хотя бы несколько минут, чтобы опуститься уже совершенно в другом месте, далеко к западу. Вместо того чтобы предпринимать утомительные путешествия через материки и океаны, можно неподвижно висеть над Землей и выжидать, пока она сама подставит путнику место назначения.

К сожалению, удивительный способ этот — не более как фантазия. Во-первых, поднявшись в воздух, мы, в сущности, не отделяемся еще от земного шара: мы остаемся связанными с его газообразной оболочкой, висим в его атмосфере, которая тоже ведь участвует во вращении Земли вокруг оси. Воздух (вернее, его нижние более плотные слои) вращается вместе с Землей, увлекая с собой все, что в нем находится: облака, самолеты, всех летящих птиц, насекомых и т.д. Если бы воздух не участвовал во вращении земного шара, то, стоя на Земле, мы постоянно чувствовали бы сильнейший ветер, по сравнению с которым самый страшный ураган казался бы нежным дуновением\*. Ведь совершенно безразлично: стоим ли мы на месте, а воздух движется мимо нас, или же, наоборот, воздух неподвижен, а мы перемещаемся в нем; в обоих случаях мы ощущаем одинаково сильный ветер. Мотоциклист, движущийся со скоростью 100 км в час, чувствует сильнейший встречный ветер даже в совершенно тихую погоду.

Это во-первых. Во-вторых, если бы даже мы могли подняться в высшие слои атмосферы или если бы Земля вовсе не была окружена воздухом, нам и тогда не удалось бы воспользоваться тем дешевым способом путешествовать, о котором фантазировал французский сатирик. В самом деле, отделяясь от поверхности вращающейся Земли, мы *продолжаем по инерции двигаться с прежней скоростью*, т. е. с той же, с какой перемещается под нами Земля. Когда же мы снова опускаемся вниз, мы оказываемся в том самом месте, от которого раньше отделились, подобно тому как, подпрыгнув в вагоне движущегося поезда, мы опускаемся на прежнее место. Правда, мы будем двигаться по инерции прямолинейно (по кас-

---

\* Скорость урагана — 40 м в секунду — 144 км в час. Земной же шар на широте, например, Ленинграда пронесил бы нас через воздух со скоростью 230 м в секунду — 828 км в час!

тельной), а Земля под нами — по дуге; но для небольших промежутков времени это не меняет дела.

### «Земля, остановись!»

У известного английского писателя Герберта Уэллса есть фантастический рассказ о том, как некий конторщик творил чудеса. Весьма недалекий молодой человек оказался волею судьбы обладателем удивительного дара: стоило ему высказать какое-нибудь пожелание, и оно немедленно же исполнялось. Однако заманчивый дар, как оказалось, не принес ни его обладателю, ни другим людям ничего, кроме неприятностей. Для нас поучителен конец этой истории.

После затянувшейся ночной попойки конторщик-чудодей, опасаясь явиться домой на рассвете, вздумал воспользоваться своим даром, чтобы продлить ночь. Как это сделать? Надо приказать светилам неба приостановить свой бег. Конторщик не сразу решился на такой необычайный подвиг, и когда приятель посоветовал ему остановить Луну, он, внимательно поглядев на нее, сказал в раздумье:

«— Мне кажется, она слишком далеко для этого... Как вы полагаете?»

— Но почему же не попробовать? — настаивал Мейдиг (так звали приятеля. — *Я. П.*). — Она, конечно, не остановится, вы только прекратите вращение Земли. Надеюсь, это никому не повредит!

— Гм, — сказал Фотерингей (конторщик. — *Я. П.*), — Хорошо, попробую. Ну...

Он стал в повелительную позу, простер руки над миром и торжественно произнес:

— Земля, остановись! Перестань вращаться! Не успел он договорить эти слова, как приятели уже летели в пространство со скоростью нескольких дюжин миль в минуту.

Несмотря на это, он продолжал думать. Меньше чем в секунду он успел и подумать и высказать про себя следующее пожелание:

— Что бы ни случилось, пусть я буду жив и невредим!

Нельзя не признать, что желание это было высказано вовремя. Еще несколько секунд, — и он упал на какую-то свежевзрытую землю, а вокруг него, не принося ему никакого вреда, неслись камни,

обломки зданий, металлические предметы разного рода; летела и какая-то несчастная корова, разбившаяся при ударе о землю. Ветер дул со страшной силой; он не мог даже приподнять голову, чтобы оглянуться вокруг.

— Непостижимо, — воскликнул он прерывающимся голосом. — Что случилось? Буря, что ли? Должно быть, я что-нибудь не так сделал.

Осмотревшись, насколько позволял ему ветер и развевавшиеся фалды пиджака, он продолжал:

— На небе-то, кажется, все в порядке. Вот и Луна. Ну, а все остальное... Где же город? Где дома и улицы? Откуда взялся ветер? Я не приказывал быть ветру.

Фотерингей попробовал встать на ноги, но это оказалось совершенно невозможным, и потому он подвигался вперед на четвереньках, придерживаясь за камни и выступы почвы. Идти, впрочем, было некуда, так как, насколько можно было видеть из-под фалд пиджака, закинутых ветром на голову пресмыкающегося чудодея, все кругом представляло собою одну картину разрушения.

— Что-то такое во вселенной серьезно испортилось, — подумал он, — а что именно — неизвестно.

Действительно, испортилось. Ни домов, ни деревьев, ни каких-либо живых существ — ничего не было видно. Только бесформенные развалины да разнородные обломки валялись кругом, едва видные среди целого урагана пыли.

Виновник всего этого не понимал, конечно, в чем дело. А между тем оно объяснялось очень просто. Остановив Землю сразу, Фотерингей не подумал об инерции, а между тем она при внезапной остановке кругового движения неминуемо должна была сбросить с поверхности Земли все на ней находящееся. Вот почему дома, люди, деревья, животные — вообще все, что только не было неразрывно связано с главной массой земного шара, полетело по касательной к его поверхности со скоростью пули. А затем все это вновь падало на Землю, разбиваясь вдребезги.

Фотерингей понял, что чудо, им совершенное, не особенно удачно. А потому им овладело глубокое отвращение ко всяким чудесам, и он дал себе слово не творить их больше. Но прежде нужно было поправить беду, которую он наделал. Беда эта оказалась немалой. Буря свирепела, облака пыли закрыли Луну, и вдали слышен был шум приближающейся воды; Фотерингей видел при свете молнии целую водяную стену, со страшной скоростью подвигавшуюся к тому месту, на котором он лежал. Он стал решительным.

— Стой! — вскричал он, обращаясь к воде. — Ни шагу далее! Затем повторил то же распоряжение грому, молнии и ветру. Все затихло. Присев на корточки, он задумался.

## Письмо с самолета

— Как бы это опять не наделать какой-нибудь кутерьмы, — подумал он и затем сказал: — Во-первых, когда исполнится все, что я сейчас прикажу, пусть я потеряю способность творить чудеса и буду таким же, как обыкновенные люди. Не надо чудес. Слишком опасная игрушка. А во-вторых, пусть все будет по-старому: тот же город, те же люди, такие же дома, и я сам такой же, каким был тогда ».

## Письмо с самолета

Вообразите, что вы находитесь на самолете, который быстро несется над землей. Внизу — знакомые места. Сейчас вы пролетите над домом, где живет ваш приятель. «Хорошо бы послать ему весточку», — мелькает у вас в уме. Быстро пишете вы несколько слов на листке записной книжки, привязываете записку к камню и, выждав момент, когда дом оказывается как раз под вами, выпускаете из рук камень.

Вы в полной уверенности, конечно, что камень упадет в сад у дома. Однако, он падает вовсе не туда, хотя сад и дом расположены прямо под вами!

Следя за его падением с самолета, вы увидели бы странное явление: камень опускается вниз, но в то же время *продолжает оставаться под самолетом*, словно скользя по привязанной к нему невидимой нити. И когда камень достигнет земли, он будет находиться далеко впереди того места, которое вы наметили.

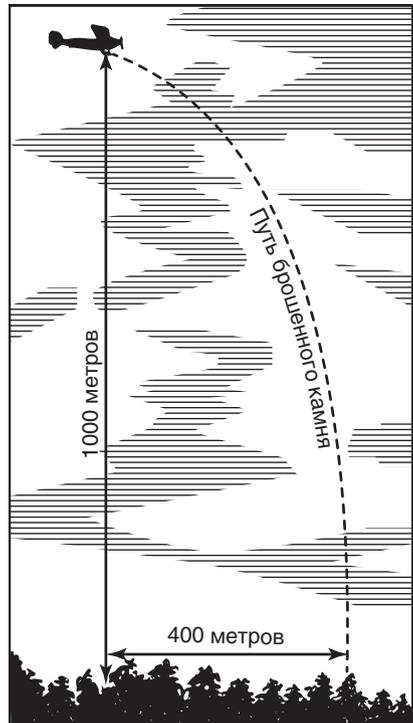


Рис. 2. Камень, брошенный с летящего самолета, падает не отвесно, а по кривой

Здесь проявляется тот же закон инерции, который мешает воспользоваться соблазнительным советом путешествовать по способу Бержерака. Пока камень был в самолете, он несся вместе с машиной. Вы отпустили его. Но, отделившись от самолета и падая вниз, груз не утрачивает своей первоначальной скорости, а, падая, продолжает в то же время совершать движение в воздухе в прежнем направлении. Оба движения, отвесное и горизонтальное, складываются, и в результате груз летит вниз по кривой линии, оставаясь все время под аэропланом (если, конечно, сам аэроплан не изменяет направления или скорости полета). Камень летит, в сущности, так же, как летит горизонтально брошенное тело, например, пуля, выброшенная из горизонтально направленного ружья: тело описывает дугообразный путь, упирающийся в землю.

Уклонение от отвесной линии может быть очень значительным, если аэроплан летит высоко и с большой скоростью. В безветренную погоду камень, брошенный с аэроплана, который на высоте 1 000 метров летит со скоростью 100 км в час, падает метров на 400 впереди места, лежащего отвесно под аэропланом (рис. 2.).

Расчет (если пренебречь сопротивлением воздуха) несложен. С высоты 1000 метров камень должен падать в течение

$$\sqrt{\frac{2 \times 1000}{9,8}}, \text{ т. е. } 14 \text{ сек.}$$

За это время он успеет переместиться в горизонтальном направлении на

$$\frac{100\,000}{3600} \times 14 = 390 \text{ м.}$$

## Бомбометание

После сказанного становится ясным, как трудна задача военного летчика, которому поручено сбросить бомбу на определенное место: ему приходится принимать в расчет и скорость самолета, и влияние воздуха на падающее тело и, кроме того, еще скорость

ветра. На рис. 3 схематически представлены различные пути, описываемые сброшенной бомбой при тех или иных условиях. Если ветра нет, сброшенная бомба лежит по кривой  $AP$ ; почему так — мы объяснили выше. При попутном ветре бомбу относит вперед, и она движется по кривой  $AG$ . При встречном ветре умеренной силы бомба падает по кривой  $AD$ , если ветер вверху и внизу одинаков; если же, как часто бывает, ветер внизу имеет направление, противоположное верхнему ветру (наверху — встречный, внизу — попутный), кривая падения изменяет свой вид и принимает форму линии  $AE$ .

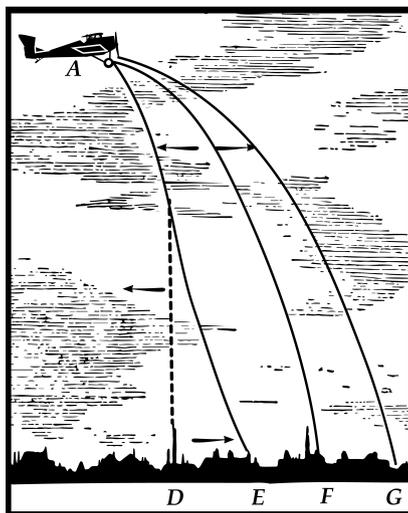


Рис. 3. Путь, по которому падают бомбы, сброшенные с аэроплана:  $AF$  — безветренную погоду;  $AG$  — при попутном ветре;  $AD$  — при встречном ветре;  $AE$  — при ветре, встречном вверху и попутном внизу

## Безостановочная железная дорога

Когда вы стоите на неподвижной платформе вокзала и мимо нее проносится курьерский поезд, то вскочить в вагон на ходу, конечно, мудрено. Но представьте, что платформа под вами тоже движется, притом с такою же скоростью и в ту же сторону, как и поезд. Трудно ли будет вам тогда войти в вагон?

Нисколько. Вы войдете так же спокойно, как если бы вагон стоял неподвижно. Раз и вы и поезд движетесь в одну сторону с одинаковой скоростью, *то по отношению к вам поезд находится в полном покое*. Правда, колеса его вращаются, но вам будет казаться, что они вертятся на месте. Строго говоря, и все те предметы, которые мы обычно считаем неподвижными, например поезд, стоящий у вокзала, движутся вместе с нами вокруг оси земного

шара и вокруг Солнца; однако на практике мы с этим движением нисколько не считаемся.\*

Следовательно, вполне мыслимо устроить так, чтобы поезд, проходя мимо станций, принимал и высаживал пассажиров на полном ходу, не останавливаясь. Приспособления такого рода нередко устраиваются на выставках, чтобы дать публике возможность быстро и удобно осматривать их достопримечательности, раскинутые на обширном пространстве. Крайние пункты выставочной площади, словно бесконечной лентой, соединяются железной дорогой; пассажиры могут в любой момент и в любом месте входить в вагоны и выходить из них на полном ходу поезда.

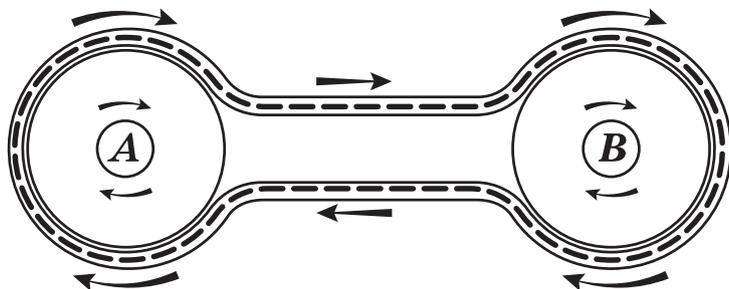


Рис. 4. Схема устройства безостановочной железной дороги между станциями A и B. Устройство станции показано на следующем рисунке

Это любопытное устройство показано на прилагаемых рисунках. На рис. 4 буквами A и B отмечены крайние станции. На каждой станции помещается круглая неподвижная площадка, окруженная большим вращающимся кольцеобразным диском. Вокруг вращающихся дисков обеих станций обходит канат, к которому прицеплены вагоны. Теперь последите, что происходит при вращении диска. Вагоны бегут вокруг дисков с такою же скоростью, с какою вращаются их внешние края; следовательно, пассажиры без малейшей опасности могут переходить с дисков в вагоны или, наоборот, покидать поезд. Выйдя из вагона, пассажир идет по вращающемуся диску к центру круга, пока не дойдет до *неподвижной*

\* См. «Занимательную механику» (гл. I).

площадки; а перейти с внутреннего края подвижного диска на неподвижную площадку уже нетрудно, так как здесь, при малом радиусе круга, весьма мала и окружная скорость. \* Достигнув внутренней, неподвижной площадки, пассажиру остается лишь перебраться по мостику на землю, вне железной дороги (рис. 5).

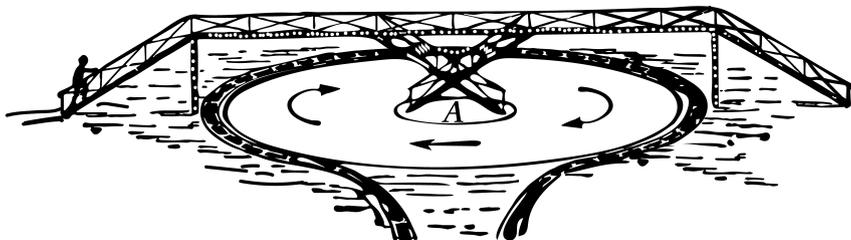


Рис. 5. Станция безостановочной железной дороги

Отсутствие частых остановок дает огромный выигрыш во времени и затрате энергии. В городских трамваях, например, большая часть времени и почти две трети всей энергии тратится на постепенное ускорение движения при отходе со станции и на замедление при остановках. \*\*

На станциях железных дорог можно было бы обойтись даже без специальных подвижных платформ, чтобы принимать и высаживать пассажиров на полном ходу поезда. Вообразите, что мимо обыкновенной неподвижной станции проносится курьерский поезд; мы желаем, чтобы он, не останавливаясь, принял здесь новых пассажиров. Пусть же эти пассажиры займут пока места в другом поезде, стоящем на запасном параллельном пути, и пусть этот поезд начнет двигаться вперед, развивая ту же скорость, что и курьерский. Когда оба поезда окажутся рядом, они будут словно неподвижны *один относительно другого*: достаточно перекинуть

\* Легко понять, что точки внутреннего края движутся значительно медленнее, нежели точки наружного края, так как в одно и то же время описывают гораздо меньший круговой путь.

\*\* Потеря энергии на торможение может быть избегнута, если при торможении переключать электромоторы вагона таким образом чтобы они работали как динамо-машины, возвращая ток в сеть. В Шарлоттенбурге (предместье Берлина) благодаря этому расход энергии на трамвайное движение удалось снизить на 30 %.

мости, которые соединяли бы вагоны обоих поездов, и пассажиры вспомогательного поезда смогут спокойно перейти в курьерский. Остановки на станциях сделаются, как видите, излишними.

«Такова теория. Осуществление этого проекта на практике, вероятно, очень хлопотливо; потому-то подобные приспособления нигде еще не устраивались», — писал я в предшествующих изданиях «Занимательной физики». Но с 1924 г. я мог уже добавить, что высказанный проект *осуществлен* в Америке, и именно в том самом виде, в каком он сейчас изложен: на железнодорожных станциях устраивается параллельный путь в 1–2 км длины, по которому ходят трамвайные вагоны, принимающие и высаживающие пассажиров курьерского поезда на полном ходу. Что в 1922 г. было только темой для изобретателей, то в 1924-м уже претворилось в жизнь. Поучительный факт для тех, кто в рассмотрении научных фантазий склонны видеть лишь бесплодную игру ума...

С этим проектом сходен другой, выдвинутый в 1936 г. в США: проект надземной дороги из двух смежных платформ, движущихся с различной скоростью. «Первая платформа, — сообщалось в газетах, — движется со скоростью до 20 км в час и каждую минуту останавливается ровно на 10 сек. Движение ее согласовано с движением второй платформы, которая представляет собой настоящий поезд с сидениями. Этот поезд-платформа движется со скоростью 26 км в час, но время от времени замедляет ход и идет с той же скоростью, что и первая платформа. Когда скорость движения обеих платформ совпадает, пассажиры могут перейти с движущейся платформы на платформу-поезд, который затем ускоряет ход».

## Предупреждение катастроф

Интересным примером использования закона относительного движения может служить запатентованное недавно на Западе приспособление, помощью которого изобретатель надеется предотвращать столкновения автомобилей с поездами в местах скрещения шоссе с железнодорожным полотном. У переездов устраивается особая въездная площадка, настил которой при приближении поезда начинает автоматически двигаться назад на роликах, подоб-

но бесконечному ремню. Скорость движения настила превышает наибольшую, скорость автомобиля; поэтому автомобиль, оказавшийся на такой движущейся площадке, будет отнесен ею назад, как бы ни была велика его скорость. После прохода поезда движение настила прекращается, и автомобиль беспрепятственно проносятся через полотно.

## Улицы будущего

На том же законе относительного движения основано и другое приспособление, применявшееся до сих пор только на выставках: так называемые «движущиеся тротуары». Впервые они были осуществлены на выставке в Чикаго в 1893 г., затем на Парижской Всемирной выставке в 1900 г.



Рис. 6. Движущиеся тротуары

Вот чертеж такого устройства (рис. 6). Вы видите пять замкнутых полос-тротуаров, движущихся посредством особого механизма, одна внутри другой, с различной скоростью. Самая крайняя полоса идет довольно медленно — со скоростью всего 5 км в час; это обыкновенная скорость пешехода, и, понятно, вступить на такую медленно ползущую полосу нетрудно. Рядом с ней, внутри, бежит вторая полоса, со скоростью 10 км в час. Вскочить на нее прямо с неподвижной улицы было бы опасно, но перейти на нее с первой полосы ничего не стоит. В самом деле: по отношению к этой

первой полосе, ползущей со скоростью 5 км в час, *вторая*, бегущая с быстротой 10 км, делает ведь всего только 5 км, значит, перейти с первой на вторую столь же легко, как перейти с земли на первую. *Третья* полоса движется уже со скоростью 15 км, но перейти на нее со *второй* полосы, конечно, нетрудно. Так же легко перейти с третьей полосы на следующую, *четвертую*, бегущую со скоростью 20 км, и, наконец, с нее на *пятую*, мчащуюся уже со скоростью 25 км в час. Эта пятая полоса доставляет пассажира до того пункта, который ему нужен; отсюда, последовательно переходя обратно с полосы на полосу, он высаживается на неподвижную землю.

Между прочим подобная непрерывно движущаяся улица-поезд проектируется в Нью-Йорке, в подземном туннеле. Цель — избежать чрезмерного скопления пассажиров у станции дороги вполне будет достигнута, так как можно садиться в поезд в любом месте пути, не дожидаясь остановки.

Подсчитано, что непрерывная дорога обойдется *дешевле* дорог обычного типа.\*

## Непостижимый закон

Ни один из трех основных законов механики не вызывает, вероятно, столько недоумений, как знаменитый «третий закон Ньютона» — *закон действия и противодействия*. Все его знают, умеют даже в иных случаях правильно применять его, и однако мало кто верит в его истинность. Может быть, читатель, вам посчастливилось сразу понять его, но я, сознаюсь, вполне постиг его лишь десяток лет спустя после первого с ним знакомства.

Беседуя с разными лицами, имеющими отношение к механике, я не раз убеждался, что большинство готово признать правильность этого закона лишь с существенными оговорками. Охотно допускают, что он верен для тел неподвижных, но не постигают, как можно применять его к взаимодействию тел движущихся... Действие, — гласит закон, — всегда равно и противоположно противодействию. Это значит, что, если лошадь тянет телегу, телега

---

\* Мне неизвестно, осуществлен ли этот проект в настоящее время.

тянет лошадь назад с такою же силою. Но ведь тогда телега должна оставаться на месте: почему же все-таки она движется? Почему эти силы не уравнивают одна другую, если они равны?

Таковы обычные недоумения, связанные с этим законом. Значит, закон неверен? Нет, он безусловно верен, мы только неправильно понимаем его. Силы не уравнивают друг друга просто потому, что приложены к *разным* телам: одна — к телеге, другая — к лошади. Силы равны, да, но разве одинаковые силы всегда производят одинаковые действия? Разве равные силы сообщают всем телам равные скорости (ускорения)? Разве действие силы на тело не зависит от тела, от величины того сопротивления, которое само тело оказывает силе?

Если подумаете об этом, станет ясно, почему лошадь увлекает телегу, хотя телега тянет ее обратно с такой же силой. Сила, действующая на телегу, и сила, действующая на лошадь, в каждый момент равны, но так как телега свободно перемещается на колесах, а лошадь упирается в землю, то понятно, почему телега катится в сторону лошади. Подумайте и о том, что если бы телега не оказывала противодействия движущей силе лошади, то... можно было бы обойтись и без лошади: самая слабая сила должна была бы привести телегу в движение. Лошадь затем и нужна, чтобы преодолеть противодействие телеги.

Все это усваивалось бы лучше и порождало бы меньше недоумений, если бы закон высказывался не в обычной краткой форме: «действие равно противодействию», а например так: «сила противодействующая равна силе действующей». Ведь равны здесь только *силы*, действия же (если понимать, как обычно понимают, под «действием силы» перемещение тела) обыкновенно не бывают равны, потому что силы приложены к *разным* телам.

Точно так же, когда полярные льды сдавливали корпус «Челюскина», его борта давили на лед с равною силою. Катастрофа произошла оттого, что мощный лед оказался способным выдержать такой напор, не разрушаясь. Корпус же судна, хотя и стальной, но не представляющий собою сплошного тела, поддался этой силе, был смят и раздавлен. (Подробнее о физических причинах гибели «Челюскина» рассказано далее, в отдельной статье, на стр. 42.)